



TUGAS AKHIR - SF 141501

**PENILAIAN KESTABILAN LERENG DI SEKITAR JALAN
RAYA PONOROGO-TRENGGALEK KM 23 MELALUI
ANALISA DATA *SELF-POTENSIAL* MENGGUNAKAN
*CONTINOUS WAVELET TRANSFORM***

Rina Rezkia Rekso Penggalih
NRP 1112 100 113

Dosen Pembimbing
Dr. Sungkono, M.Si.

Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - SF 141501

**PENILAIAN KESTABILAN LERENG DI SEKITAR JALAN RAYA
PONOROGO–TRENGGALEK KM 23 MELALUI ANALISA
DATA *SELF-POTENSIAL* MENGGUNAKAN *CONTINUOUS
WAVELET TRANSFORM***

Rina Rezkia Rekso Penggalih
NRP 1112 100 113

Dosen Pembimbing
Dr. Sungkono, M.Si

Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - SF 141501

**SLOPE ASSESSMENT STABILITY ON THE PONOROGO-
TRENGGALEK HIGHWAY KM 23 VIA SELF-POTENTIAL
DATA ANALYSIS USING CONTINUOUS WAVELET
TRANSFORM**

Rina Rezkia Rekso Penggalih
NRP 1112 100 113

Advisor
Dr. Sungkono, M.Si

Department of Physics
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

**Penilaian Kestabilan Lereng di Sekitar Jalan Raya
Ponorogo–Trenggalek KM 23 Melalui Analisa Data *Self-
Potensial Menggunakan Continuous Wavelet Transform***

TUGAS AKHIR

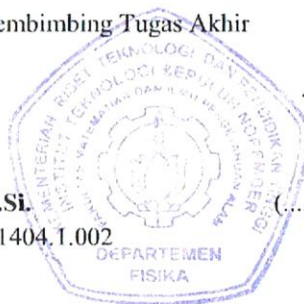
Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas
Akhir Program S-1
Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RINA REZKIA REKSO PENGALIH
NRP 1112100113

Disetujui Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Sungkono, M.Si.
NIP. 19850702 201404 1.002



Surabaya, Juni 2017

**PENILAIAN KESTABILAN LERENG DI SEKITAR
JALAN RAYA PONOROGO–TRENGGALEK KM 23
MELALUI ANALISA DATA *SELF-POTENSIAL*
*CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM***

Nama : Rina Rezkia Rekso Penggalih
NRP : 1112100113
Jurusan : Fisika, FMIPA-ITS
Pembimbing : Dr. Sungkono, M.Si.

Abstrak

Kabupaten Ponorogo merupakan salah satu daerah yang sering mengalami longsor. Oleh Karena itu, perlu dilakukan mitigasi bencana longsor menggunakan metode Self-Potential (SP). Pengukuran data SP pada lereng Jalan Raya Ponorogo-Trenggalek KM. 23 dianalisis menggunakan transformasi wavelet Continuous Wavelet Transform (CWT) untuk mengidentifikasi kedalaman dan posisi anomali. Hasil interpretasi kualitatif dan kuantitatif data SP menunjukkan bahwa anomali data SP berupa anomali monopole dan dipole yang secara berurutan merepresentasikan adanya fluida dalam rekahan/patahan dan fluida dalam pori batuan. Kedua fluida tersebut sebagai penyebab longsor yang bergerak dari arah barat daya menuju timur laut. Selain itu, kedua anomali tersebut mengindikasikan posisi rawan longsor, yang memiliki kedalaman 0.6-4.2 meter.

Kata kunci: Longsor, Self-Potential, CWT.

SLOPE ASSESSMENT STABILITY ON THE PONOROGO-TRENGGALEK HIGHWAY KM 23 VIA SELF-POTENTIAL DATA ANALYSIS USING CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM

Name : Rina Rezkia Rekso Penggalih
NRP : 1112100113
Major : Physics, FMIPA-ITS
Advisor : Dr. Sungkono, M.Si.

Abstract

Ponorogo is one of the region prone to landslide. Thus, landslide disaster mitigation is needed using Self Potential (SP) method. SP data acquisition around the Ponorogo-Trenggalek highway at KM 23 is analyzed using Continuous Wavelet Transform (CWT) to identify the positions and depths of the anomalies. The result of qualitative and quantitative shows that two anomalies of SP data, namely dipoles and monopoles, represent fluids saturated in the fracture and pores of rock, respectively. The both fluids are as caused landslide which flow from southwest to northeast of the research area. Moreover, both monopole and dipole have depth between 0.6-4.2 meter.

Keywords: Landslide, Self Potential, CWT.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Ilahi Robby yang telah melimpahkan nikmat, hidayah serta inayahNya kepada penulis. sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir. Serta tak lupa sholawat dan salam penulis haturkan kepada beliau baginda Rasullah yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang. Tugas Akhir (TA) ini penulis susun sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana di departemen Fisika FMIPA ITS dengan judul:

PENILAIAN KESTABILAN LERENG DI SEKITAR JALAN RAYA PONOROGO–TRENGGALEK KM 23 MELALUI ANALISA DATA *SELF-POTENSIAL* *MENGUNAKAN CONTINOUS WAVELET TRANSFORM*

Karya tulis ini, dipersembahkan penulis kepada masyarakat Indonesia pada umumnya dan Kabupaten Ponorogo khususnya. Ucapan terimakasih juga disampaikan penulis kepada segala pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian penelitian serta penulisan tugas akhir ini.

1. Bapak Dr. Sungkono, M.Si. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa bersabar memberikan bimbingan, arahan, wawasan dan motivasi kepada penulis hingga dapat menyelesaikan tugas akhir.
2. Bapak Prof. Dr. Bagus Jaya Santosa dan Bapak Sudarsono M.Si. selaku dosen penguji.
3. Bapak Gontjang Prayitno selaku dosen wali, yang selalu sabar memberikan nasehat dan arahan kepada penulis.
4. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono M. Eng. beserta Bapak Eko Minarto selaku ketua dan sekretaris Jurusan Fisika FMIPA ITS
5. Seluruh Dosen dan pegawai di jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya yang telah memberikan ilmu, tak lupa Pak Abbas

dan Pak Abu yang senantiasa memotivasi dan berbagi pengalaman kepada penulis.

6. Kedua orang tua tercinta, ibunda Sri Handayani dan ayahanda Saptono yang selalu memberikan do'a terbaik, kasih sayang terbaik, motivasi terkuat, dan segala yang dibutuhkan penulis.
7. Adik-adikku tercinta Resa, Nanda dan Henggar yang selalu memberikan dukungan dan tempat berbagi keluh kesah kesal nakal penulis.
8. Teman satu tim penelitian, Adi, Oman dan Husein yang telah rela bertarung melawan bahaya longsor demi pencapaian TA ini.
9. Sahabat-sahabat terbaik Fera, Andy, Fandy, Gita, Meli, Dewa, Fabet, seorang lelaki baik, dan dulur Fisika 2012 yang selalu membantu, menemani, tempat curhat, ojek-gratis, dan menjadi gudang motivasi kepada penulis.
10. Kawan-kawan satu Lab Geofisika ITS yang telah banyak memberikan sharing ilmunya, Fairus, Safitri, Rayhan, Arum, Payayan, Kifli, dan yang lainnya.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kesalahan. Mohon kritik dan saran pembaca guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, juni 2017

Penulis
rierezkia@gmail.com

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Cover Page	ii
Lembar Pengesahan.....	iii
Abstrak	iv
Abstract	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat penelitian	3
1.6. Sistematika penulisan	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Geologi Daerah Ponorogo	5
2.1.1 Morfologi Regional Ponorogo	5
2.1.2 Stratigrafi Regional Ponorogo.....	5
2.1.3 Kondisi Geologi Daerah Penelitian.....	6
2.2 Definisi Longsor	8
2.2.1 Penyebab Longsor.....	9
2.3 Konsep Dasar Self-Potential.....	9
2.3.1 Penyebab Anomali Self-Potential	11

2.3.2 Pengukuran Self-Potential.....	14
2.4 Continous Wavelet Transform (CWT)	15
BAB III.....	19
METODOLOGI	19
3.1 Lokasi Penelitian	19
3.2 Peralatan dan Bahan	19
3.3.1 Studi Literatur	19
3.3.2 Survey Pendahuluan.....	20
3.3.3 Desain Pengukuran data.....	20
3.3.4 Pengukuran data SP	21
3.3.5 Analisa Data.....	22
BAB IV	25
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	25
4.1. Hasil Interpretasi Kualitatif	25
4.2. Hasil Analisa Kuantitatif.	29
4.2.1 Hasil Analisa Continous Wavelet Transform.....	29
4.2.2 Hasil Analisa Kedalaman dan Posisi Anomali.....	32
4.2.3 Hasil Interpretasi Kuantitatif Sayatan 1	34
4.2.4 Hasil Interpretasi Kuantitatif Sayatan 2	35
4.2.5 Hasil Interpretasi Kuantitatif Sayatan 3.	36
4.2.6 Hasil Interpretasi Kuantitatif Sayatan 4.	38
BAB V KESIMPULAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	43

BIOGRAFI PENULIS.....	45
LAMPIRAN	47

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sumber Tipe Anomali	12
Tabel 4.1 Jenis Wavelet Dan Ekstrema Yang Digunakan.....	31
Tabel 4.2 Posisi dan kedalaman anomali seluruh sayatan.....	33

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Geologi Daerah Penelitian (dimodifikasi dari Sampurno, 1997)	6
Gambar 2.2 Rekahan Tanah Pada Lereng Daerah Pemukiman Dan Kebun Warga.....	7
Gambar 2.3 Tanah retak pada Jalan Raya Ponorogo Trenggalek KM. 23.....	8
Gambar 2.4 Fungsi Kerja Metode SP.....	11
Gambar 2.5 Ilustrasi signal CWT.....	17
Gambar 3.1 Desain pengukuran data SP	20
Gambar 3.2 Akuisisi metode <i>Fixed Base</i>	21
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian	23
Gambar 4. 1 Arah aliran fluida.....	26
Gambar 4. 2 Anomali pada kontur data SP.	27
Gambar 4. 3 Sayatan-sayatan pada kontur data SP.	28
Gambar 4. 4 Data SP Sayatan 2.	29
Gambar 4. 5 Hasil Interpolasi Data SP Sayatan 2.	29
Gambar 4. 6 Phase dan modulus hasil CWT.....	30
Gambar 4. 7 Real dan imajiner hasil CWT.	30
Gambar 4. 8 Identifikasi posisi anomali Sayatan 4 dengan H1...32	
Gambar 4. 9 Data self-potential dan posisi anomali pada lintasan Sayatan 1.....	34
Gambar 4. 10 Rekahan dan longsor di badan lereng pada posisi Sayatan 1 lintasan daerah utara.....	35
Gambar 4. 11 Data self-potential dan posisi anomali pada lintasan Sayatan 2.....	35
Gambar 4. 12 Rekahan dan Longsor Di Badan Lereng Pada Posisi Sayatan 2.....	36
Gambar 4. 13 Data self-potential dan posisi pada lintasan Sayatan 3	37
Gambar 4. 14 Retakan pada jalan bidang lereng yang melintang ke timur di lintasan sayatan 3.	38
Gambar 4. 15 Data self-potential dan posisi pada lintasan.....	38

Gambar 4. 16 Longsor di Jalan Raya Ponorogo-Trenggalek pada
area Sayatan 4..... 39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bencana alam merupakan peristiwa alam yang memberikan dampak besar terhadap populasi makhluk hidup beserta lingkungannya. Bencana alam dapat berupa banjir, gunung meletus, gempa bumi, kekeringan, ataupun tanah longsor. Bencana alam yang terjadi dapat menyebabkan kerusakan baik materiil maupun immateriil. Salah satu bencana alam yang sering terjadi menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) di daerah Jawa Timur adalah tanah longsor. Sebanyak 111 dari 257 kasus bencana alam merupakan kasus tanah longsor yang terjadi pada tahun 2011-2014 (BNPB, 2011). Salah satu daerah yang rawan longsor adalah kabupaten Ponorogo. Ketika musim penghujan, frekuensi terjadinya longsor kemungkinan akan menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh salah satu penyebab tanah longsor ialah hujan yang lebat, (Rahmawati, 2009). Oleh Karena itu, perlu dilakukan upaya mitigasi bencana longsor di Ponorogo sehingga dapat mengurangi dampak bencana yang terjadi.

Salah satu metode dalam geofisika yang dapat digunakan untuk mitigasi tanah longsor adalah metode *Self-Potential*. Pada metode ini, akuisisi data dilakukan untuk mendapatkan nilai beda potensial pada titik tertentu. Nilai beda potensial ini merupakan nilai tegangan statis alam (*static natural voltage*). Data *Self-Potential* (SP) dipengaruhi oleh sifat kelistrikan batuan pada potensial alami bumi. Hal ini disebabkan oleh proses elektrokinetik dan potensial elektrokimia (Oberto, 1984).

Selanjutnya untuk mengetahui sumber anomali data SP, terdapat beberapa pendekatan, yakni inversi dan Analisa sinyal. Analisa wavelet (Continuous Wavelet Transform) merupakan salah satu Analisa sinyal yang dipakai untuk mengidentifikasi posisi dan kedalaman anomali data SP secara akurat (Mauri et al., 2010). Wavelet yang digunakan berupa Poisson Kennel Wavelet Family. Untuk keperluan penilaian potensi tanah longsor pada jalan raya Ponorogo-Trenggalek KM. 23, data SP dianalisis menggunakan CWT. Selanjutnya hasil Analisa tersebut digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan longsor pada tempat tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa rumusan masalah sebagaimana berikut :

1. Bagaimana cara menginterpretasi data SP secara kualitatif dan kuantitatif?
2. Bagaimana cara menentukan bidang rawan longsor berbasis data SP?
3. Bagaimana arah aliran fluida pada bidang penelitian?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah, antara lain :

1. Analisis data SP menggunakan metode *Continuous Wavelet Transform* (CWT).
2. Data yang digunakan merupakan data *Self-Potential* di desa Pangkal, Kecamatan Tugu, Ponorogo.
3. *Software* yang digunakan ialah MATLAB R2013a.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Interpretasi kualitatif dan kuantitatif dari data SP.
2. Menentukan bidang rawan longsor berbasis data SP.
3. Menentukan arah pergerakan fluida berbasis data SP.

1.5. Manfaat penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu dapat mengetahui bidang longsor berbasis data SP dan mengetahui tomografi data SP untuk mengidentifikasi penyebab potensi longsor pada jalan Ponorogo Trenggalek KM 23. Selain itu juga dapat menilai kestabilan lereng melalui analisa data *Self-Potensial* menggunakan transformasi *wavelet*. Sehingga hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu *tools* dalam upaya mitigasi bencana longsor.

1.6. Sistematika penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini, tersusun dalam lima bab yaitu:

1. Bab 1 (Pendahuluan) berisi tentang latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat tugas akhir.
2. Bab 2 (Tinjauan Pustaka) berisi kajian pustaka yang digunakan pada tugas akhir.
3. Bab 3 (Metodologi Penelitian) berisi tentang metode dan tahap pengambilan data.
4. Bab 4 (Analisa Data dan Pembahasan) berupa hasil data yang diperoleh, serta analisa yang dilakukan.
5. Bab 5 (Kesimpulan) berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Daerah Ponorogo

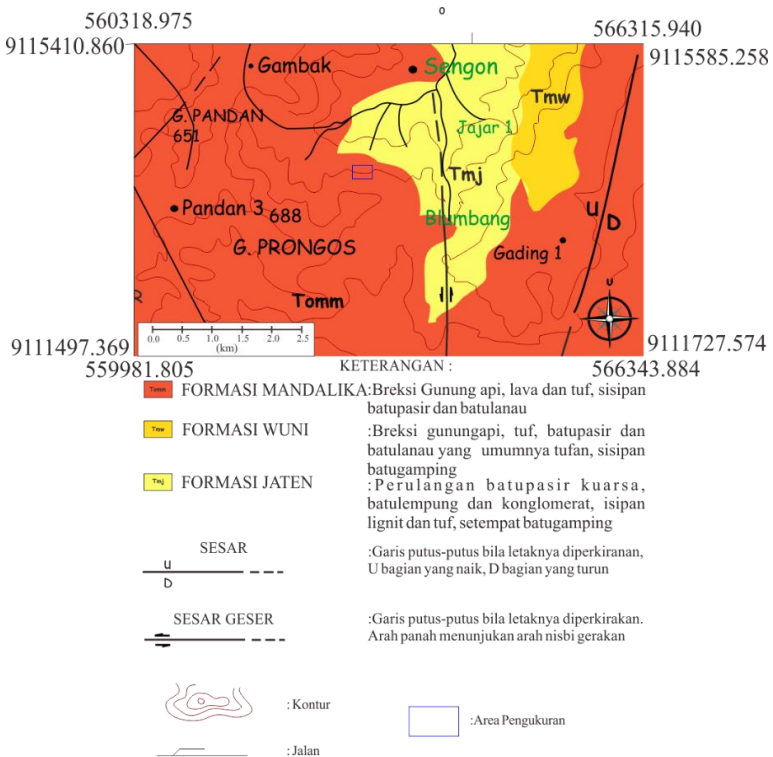
2.1.1 Morfologi Regional Ponorogo

Daerah Ponorogo bagian utara terdapat Gunung Lawu yang termasuk dalam jalur gunung api kuarter yang masih aktif, sedangkan bagian selatan termasuk dalam jalur pegunungan selatan. Perbukitan di utara sungai Tirtomoyo merupakan perbukitan lipatan berarah timur laut-barat daya. Pada perbukitan tinggi di selatannya terdapat sesar. Beberapa tonjolan morfologi dibentuk oleh batuan terobosan. Secara morfogenesis perbukitan ini dipengaruhi oleh struktur (lipatan dan sesar) dan sifat litologi sebagaimana Gambar 2.1 (Sampurno, 1997).

2.1.2 Stratigrafi Regional Ponorogo

Batuan Oligosen Akhir-Miosen Awal di lembar Ponorogo dibagi menjadi fasies turbidit (formasi dayakan) dan fasies gunung api (formasi Watupatok dan Panggang). Kedua satuan yang saling menjemari ini ditindih secara selaras oleh formasi Semilir kumpulan sedimen turbidit asal gunung api yang berumur Miosen Awal (Sampurno, 1997). Batuan gunung api andesit-basal formasi Nglanggran berumur akhir Miosen Awal menindih selaras satuan di bawahnya. Kemudian batuan gunung api kuarter kompleks Lawu yang bersusun andesit menindih tidak selaras satuan yang lebih tua. Kumpulan batuanannya dibedakan menjadi kelompok Jobolarangan atau Lawu tua yang berumur Holosen. Daerah penelitian yang dilewati formasi Mandalika dan formasi Wuni dan formasi Jaten. Formasi Mandalika yang tersusun oleh perselingan breksi, batupasir, serta lava bantal diendapkan pada lingkungan laut dalam. Sedangkan formasi Wuni tersusun oleh breksi, aglomerat, batupasir tufan, lanau, dan batugamping dengan ketebalan Formasi Wuni = 150 -200 m. Satuan ini terletak selaras menutupi Formasi Jaten, dan selaras di bawah Formasi Nampol. Formasi Jaten tersusun oleh konglomerat, batupasir kuarsa,

batulempung (mengandung fosil *Gastrophoda*, *Pelecypoda*, *Coral*, *Bryozoa*, *Foraminifera*), dengan sisipan tipis lignit. Ketebalan satuan ini mencapai 20-150 meter.



Gambar 2.1 Peta Geologi Daerah Penelitian (dimodifikasi dari Sampurno, 1997).

2.1.3 Kondisi Geologi Daerah Penelitian.

Penelitian dilakukan di desa Pangkal kecamatan Sawoo, Ponorogo pada daerah lereng Jalan Raya Ponorogo - Trenggalek KM 23. Kondisi geografis desa tersebut berupa dataran tinggi dengan lereng dan tanah miring, sehingga sangat rawan terjadinya

tanah longsor. Lereng tersebut merupakan campuran antara pemukiman penduduk dengan kebun yang didominasi oleh tanaman palawija. Jumlah dari pepohonan penahan longsor berjumlah sangat sedikit. Secara fisik dari rekahan-rekahan pada permukaan tanah dapat dengan mudah ditemui pada daerah ini seperti pada Gambar 2.2:



Gambar 2 .2 Rekahan Tanah Pada Lereng Daerah Pemukiman Dan Kebun Warga.

Retakan pada tanah ini menyebabkan rumah warga retak-retak pada dinding dan jalanan rusak. Longsoran pada badan jalan dibawah lereng tersebut seperti pada Gambar 2.3 yang akan disajikan dibawah ini. Sebagai upaya mitigasi bencana alam, pemerintah setempat telah berupaya memberikan penyuluhan mengenai keselamatan warga. Sehingga warga telah diungsikan dan sisa aktifitas warga desa yang ada hanyalah berkebun dan beternak saja.



Gambar 2.3 Tanah Retak pada Badan Jalan Raya Ponorogo-Trenggalek KM. 23.

Persebaran rekahan pada wilayah lereng cukuplah luas. Daerah ini juga memiliki nilai elevasi yang tinggi dengan rata-rata elevasi sebesar ± 410 meter, dengan bidang miring lereng dan bidang gelincir lereng yang cukup curam. Pada area ini juga telah terjadi beberapa kali longsor skala kecil.

2.2 Definisi Longsor

Tanah longsor ialah suatu bentuk erosi dengan gerakan masa tanah atau pengangkutan massa tanah terjadi dengan jumlah volume yang relatif besar. Peristiwa tanah longsor dikenal sebagai gerakan massa tanah atau batuan atau keduanya. Hal ini sering terjadi pada lereng-lereng alam atau buatan yang terjadi akibat alam mencari keseimbangannya. Keseimbangan baru ini dilakukan oleh alam akibat adanya gangguan atau faktor yang mempengaruhi dan menyebabkan terjadinya penurunan nilai kuat geser serta peningkatan tegangan geser pada tanah. Faktor geologi yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah adalah struktur geologi, sifat batuan, hilangnya perekat tanah karena proses alami (pelarutan), dan gempa bumi (Achmad, 2010). Struktur geologi yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah adalah kontak batuan dasar dengan pelapukan batuan, retakan atau rekahan, perlapisan batuan, dan patahan. Zona patahan merupakan zona lemah yang mengakibatkan kekuatan batuan berkurang sehingga

menimbulkan banyak retakan yang memudahkan air meresap (Achmad, 2010).

Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2005) menyatakan bahwa tanah longsor dapat disebut dengan gerakan tanah. Yakni pergerakan massa tanah yang dapat berupa material campuran lempung, kerikil, pasir, serta bongkah dan lumpur pada sepanjang lereng atau keluar lereng yang ada karena adanya faktor gravitasi bumi. Gerakan tanah yang ada ialah hasil dari proses gangguan keseimbangan lereng yang menyebabkan Bergeraknya massa tanah dan batuan ketempat yang lebih rendah karena gaya gravitasi. Gaya penahan massa tanah di sepanjang lereng tersebut dipengaruhi oleh sifat fisik tanah dan sudut dalam tahanan geser tanah yang bekerja di sepanjang lereng (Abisatya, 2015). Perubahan gaya-gaya yang mengganggu kesetimbangan alam tersebut disebabkan oleh pengaruh perubahan alam maupun tindakan manusia.

2.2.1 Penyebab Longsor

Banyak faktor yang menyebabkan longsor. Dalam realitanya tidak jarang dalam suatu kasus longsor dapat terjadi tidak diakibatkan oleh satu faktor saja, namun berasal dari paduan beberapa faktor. Salah satu faktor tersebut ialah berkurangnya kuatan tanah akibat adanya kenaikan tekanan air pori. Longsor juga dapat terjadi akibat erosi di dekat sungai, curah hujan yang tinggi, pengikatan posisi muka air tanah secara cepat (*rapid drawdown*), aktivitas gerakan tanah akibat gempa bumi, ketidakstabilan atau kemiringan lereng yang berlebihan perubahan penggunaan lahan dan kegiatan infrastruktur manusia (Setiawan and Sassa, 2015).

2.3 Konsep Dasar Self-Potential

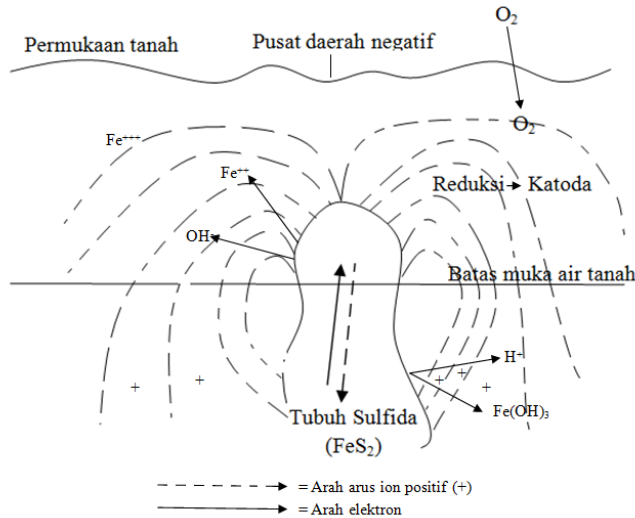
Robert Fox pada tahun 1830 pertama kali menemukan metode *Self-Potential* (SP) dengan melakukan suatu percobaan menggunakan elektroda tembaga yang dihubungkan ke sebuah galvanometer untuk mendeteksi lapisan coppere sulfida. Metode *Self-Potential* (SP) merupakan salah satu metode geofisika pasif

yang prinsip kerjanya mengukur tegangan statis alam (*static natural voltage*) yang berada pada titik-titik permukaan tanah menggunakan dua elektroda khusus (*Porous Pot Electroda*). Sehingga untuk mendapatkan informasi bawah tanah melalui pengukuran dilakukan tanpa menginjeksi arus listrik melalui permukaan tanah (Saracco et al., 2004). Interpretasi data dilakukan dengan cara melihat data hasil pengukuran yang bervariasi dari beberapa milivolt sampai ratusan milivolt dan variasi polaritas positif atau negatif yang tergantung kondisi geologi yang menyebabkannya (Supeno et al., 2009).

Sifat kelistrikan batuan pada potensial alami yang dimiliki bumi secara umum diakibatkan karena adanya dua faktor potensial yang terjadi, yakni faktor potensial elektrokinetik dan potensial elektrokimia (Oberto, 1984). Pertama, efek elektrokinetik disebabkan oleh perpindahan cairan melalui media berpori. Proses ini menyebabkan adanya gangguan keseimbangan antara mineral terpolarisasi dan ion bebas dalam pori cairan (Gambar 1.3). Perpindahan ion ini menghasilkan arus potensial listrik pada dua sumber. Sumber ini sendiri biasanya merupakan efek termoelektrik yang dapat terjadi karena adanya gradien termal pada batuan (Mauri et al., 2010).

Yang kedua, akibat adanya faktor potensial elektrokimia. Potensial elektrokimia disebabkan oleh potensial difusi, potensial Nerst, dan potensial mineral. Potensial difusi terjadi akibat adanya perpindahan aliran zat dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah sehingga mengakibatkan adanya gradien konsentrasi.

Potensial Nerst terjadi ketika perbedaan potensial elektrode yang dicelupkan pada larutan homogen dengan konsentrasi larutan yang berbeda-beda. Potensial mineral merupakan potensial yang dihasilkan oleh sifat konduktor yang terkandung dalam mineral batuan. Batuan *pyrite* dan *chalcopyrite* merupakan konduktor listrik yang baik, sehingga akan menghasilkan anomali negatif (Oberto, 1984).



Gambar 2.4 Fungsi Kerja Metode SP.

Fungsi kerja metode SP dapat digambarkan dengan adanya suatu tubuh sulfida dalam permukaan bumi dan memiliki kontak dengan fluida (dapat berupa air tanah ataupun fluida lain) dan menghasilkan nilai potensial tertentu. Nilai potensial ini dihasilkan oleh aktivitas bioelektrik pada pembusukan vegetasi atau kenaikan suhu yang menyebabkan tekanan dalam pori. Sehingga mengakibatkan adanya perpindahan elektron. Perpindahan elektron ini disebut sebagai *streaming drift* (Telford, 1990).

2.3.1 Penyebab Anomali Self-Potential

Anomali data *Self-Potential* (Potensial Diri) disebabkan oleh beberapa sumber, antara lain: elektro mekanik, elektro kimia, efek temperatur, dan kegiatan masyarakat sekitar. Potensial diri umumnya berhubungan dengan pelapisan tubuh mineral sulfida (*weathering of sulphide mineral body*), perubahan dalam sifat-sifat batuan (kandungan mineral) pada daerah kontak - kontak geologi, aktifitas bioelektrik dari material organik, korosi, perbedaan suhu dan tekanan dalam fluida di bawah permukaan dan fenomena-

fenomena alam lainnya. Tabel 2.1 merupakan sumber tipe anomali data *Self-Potential*.

Tabel 2. 1 Sumber Tipe Anomali

Sumber	Tipe anomali
Potensial Mineral	
Bijih Sulfida (pyrite, chalcopyrite, pyrrhotite, sphalerite, galena)	Negatif \approx ratusan mV
Bijih grafit	
Magnet + mineral konduktor listrik lainnya	
Coal	
Batu kawi / mangan	
Batuan Kwarsa	Positif \approx puluhan mV
Pegmatit	
<i>Background potential</i>	
Aliran fluida, reaksi geokimia, dan lainnya	Positif atau negatif ≤ 100 mV
Bioelektrik (Tumbuhan, Pepohonan)	Negatif, ≤ 300 mV
Pergerakan air tanah	Positif atau negatif hingga ratusan mV
Topografi	Negatif hingga 2mV

Berikut merupakan macam-macam penyebab anomali SP, diantaranya:

A.) Potensial elektrokinetik

Potensial ini dapat disebut juga sebagai *streaming potential*, yakni potensial suatu larutan yang bergerak melewati kapiler atau medium berpori. Secara umum mekanisme elektrokinetik dapat dijelaskan dengan adanya sumber rapat arus yang terkait dengan aliran air pori melalui bahan mineral berpori.

Yang mana pada bahan mineral berpori terjadi kelebihan muatan pada lapisan permukaan bahan. Untuk mengimbangi muatan ini, fluida dalam pori selalu memiliki nilai rapat muatan volum. Perpindahan kelebihan muatan tersebut akan mengakibatkan adanya gradien tekanan air. Hal ini menyebabkan adanya induksi rapat arus, yang dikenal sebagai densitas *streaming potential* (Bolève et al., 2012).

Helmholtz-Smoluchovski menyatakan persamaan potensial elektrokinetik sebagai berikut :

$$\Delta V = \frac{\zeta \varepsilon}{\eta \sigma_w} \Delta P \quad (2.1)$$

dengan ζ adalah potential antara lapisan + dan – (yaitu *solid and liquid phases*), ε merupakan konstanta dielektrik suatu fluida, η menotasikan viskositas dari fluida ($\text{ML}^{-1}\text{T}^{-1}$), σ_w adalah konduktivitas dari fluida ($\text{I}^2\text{T}^3\text{M}^{-1}\text{L}^{-2}$), ΔP adalah perbedaan tekanan ($\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}$), ΔV ialah potential elektrokinetik (mV). Dengan demikian, koefisien potensial streaming “*coupling coefficient*” adalah c yang didefinisikan sebagai perbandingan antara potensial elektrokinetik (PE) (ΔV) dengan perbedaan gradient tekanan (ΔP) yang dapat ditulis sebagai berikut (Bolève et al., 2012):

$$c = \frac{\zeta \varepsilon}{\eta \sigma_w} \quad (2.2)$$

B.) Potensial difusi

Potensial difusi terjadi apabila ada perbedaan mobilitas dari ion-ion yang berbeda dalam larutan dengan konsentrasi yang berbeda-beda pula. Berpindahanya ion-ion dalam larutan elektrolit pada air bawah permukaan agar mencapai keadaan netral yang ditandai dengan jumlah ion positif dan ion negatif yang seimbang.

C.) Potensial *shale* (serpilh)

Ketika dua buah elektroda logam dicelupkan dalam suatu larutan yang homogen, maka tidak ada beda potensial diantara kedua elektroda tersebut. Tetapi, jika kedua elektroda berada pada dua larutan dengan konsentrasi yang berbeda, maka akan terbaca beda potensialnya. Hal ini dikarenakan sifat fisis suatu zat yang

apabila dilarutkan dalam suatu pelarut yang memiliki konsentrasi berbeda akan menyebabkan berpindahnya zat tersebut dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah. Perbedaan konsentrasi pada dua larutan tersebut disebut gradien konsentrasi. Gabungan potensial *shale* dan potensial difusi disebut juga potensial elektrokimia.

D.) Potensial mineral

Ketika dua elektroda logam yang berbeda dicelupkan dalam larutan homogen, terdapat beda potensial antara kedua elektroda tersebut. Hal ini terjadi karena adanya kontak dua medium yang berbeda. Potensial mineral dihasilkan dipermukaan saat dua medium yang berbeda saling berinteraksi (Bolève et al., 2012).

E.) Potensial Termoelektrik

Potensial termoelektrik terjadi apabila terdapat gradien temperatur pada batuan. Sehingga akan menghasilkan medan listrik saat melewati batuan tersebut. Fenomena ini disebut efek termoelektrik, efek ini disebabkan oleh adanya perbedaan difusi termal dari ion-ion dalam batuan pori yang terisi fluida serta akibat adanya donor ion pada batuan. Proses tersebut merupakan efek Seebeck (Bolève et al., 2012).

2.3.2 Pengukuran *Self-Potential*

Secara umum terdapat dua macam jenis pengukuran *Self-Potential*. Yakni pengukuran berdasarkan fungsi waktu dan fungsi posisi. Pertama, pengukuran dengan menggunakan fungsi waktu. Pengambilan data diukur pada suatu selang/jeda waktu tertentu dengan posisi *porous pot* yang tetap. Nilai potensial yang terukur pada tiap selang waktu tersebut akan berubah-ubah. Kedua pengukuran berdasarkan fungsi posisi. Pada pengukuran *Self-Potential* sebagai fungsi posisi, pengukuran dilakukan dengan beberapa *porous pot* dalam posisi yang berbeda-beda, sehingga ada perubahan posisi yang menyebabkan perubahan potensial. Oleh Karena itu, diperlukan koreksi potensial akibat perubahan waktu. Pengukuran data *Self-Potential* sebagai fungsi posisi dilakukan

dengan cara mengukur nilai potensial pada titik-titik sepanjang lintasan survey. Sistem pengukuran ini dapat dilakukan melalui dua cara, antara lain:

- *Fixed base porous pot*

Pada teknik ini, salah satu *porous pot* diletakkan di luar area pengukuran dan satu *porous pot* yang lain bergerak di sepanjang titik pengukuran yang telah ditentukan. Hasil yang diperoleh melalui pengukuran dengan teknik *fixed base porous pot* adalah nilai potensial langsung pada titik pengukuran setelah nilai potensial *baseline* pada *porous pot* yang diletakkan di luar area pengukuran ditentukan.

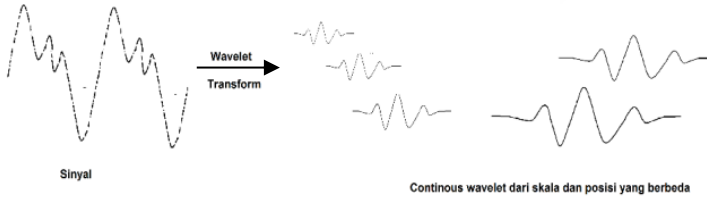
- *Leap frog*

Pada teknik ini, pengukuran *Self-Potential* dilakukan dengan cara saling melompati posisi antar *porous pot* (seperti pada gerakan katak melompat), dengan posisi dan spasi yang telah ditentukan dalam suatu lintasan survey. Sehingga akan diperoleh nilai beda potensial antara dua elektroda. Karena pola perpindahan ini, nilai potensial pada titik ukur tertentu saling berkaitan nilai titik ukur disampingnya. Nilai beda potensial ini mencerminkan gradien potensial.

2.4 Continuous Wavelet Transform (CWT)

Untuk dapat mendeteksi posisi anomali data SP yang disebabkan oleh zona rembesan air pada penelitian ini, data dianalisis menggunakan transformasi wavelet. Transformasi *wavelet* adalah metode yang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi dan menganalisa diskontinuitas atau perubahan spontan pada data *Self-Potential* (SP). Data *Self-Potential* ini dianalisa menggunakan *wavelet* kompleks yakni turunan dari Poisson Kernel Family. Metode *Continuous Wavelet Transform* (CWT) merupakan metode analisa sinyal yang menggunakan pronsp transformasi wavelet untuk mendapatkan informasi mengenai posisi tiap spektrum dan tiap frekuensi yang dihasilkan melalui proses konvolusi antara sinyal real dan imajiner menggunakan fungsi wavelet tertentu. Sehingga menghasilkan

nilai koefisien wavelet pada tiap pergeseran skala dan posisinya sebagaimana Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Ilustrasi signal CWT.

Secara matematis transformasi wavelet dapat dinyatakan dalam Persamaan 2.3.

$$W[g_n, f](x', \sigma) = \sigma^{-n} \int_{-\infty}^{\infty} g_n([x - x'] / \sigma) f(x) dx \quad (2.3)$$

Dengan g_n merupakan fungsi wavelet yang memiliki nilai parameter translasi (x'). Sedangkan $f(x)$ ialah sinyal dari data SP. Faktor $g_n([x - x'] / \sigma)$ menunjukkan wavelet yang memiliki skala terpusat pada x' dan sebanding dengan σ . Parameter σ bertindak sebagai dimensi kedalaman (Z), sedangkan parameter translasi sebanding dengan posisi x . Wavelet yang ada berbentuk fungsi skala. Dari fungsi skala yang tersebut terdapat sebuah induk wavelet dan wavelet-wavelet lain hasil dari penskalaan, dilatasi, dan pergeseran induk wavelet yang ada sebagaimana Gambar 2.5.

Dalam pengembangannya, CWT diproses dalam domain bilangan gelombang yang melibatkan *Fast Fourier Transform* (FFT). Hal ini dilakukan agar proses perhitungan dapat diselesaikan secara tepat. Wavelet yang digunakan ialah turunan orde ke- n dari Poisson Kernel Family dan hasil transformasi Hilbertnya yang secara berurutan disebut sebagai wavelet horisontal dan vertikal. Secara matematis, wavelet horisontal dan vertikal dapat dinyatakan oleh Persamaan (2.4) dan Persamaan (2.5).

$$H_n(u) = (2\pi u)^n \exp(-2\pi|u|) \quad (2.4)$$

$$V_n(u) = -2\pi|u|(2\pi u)^{n-1} \exp(-2\pi|u|) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan u menunjukkan bilangan gelombang, yakni domain frekuensi untuk variabel spasial x .

Dalam proses transformasi wavelet, terdapat beberapa karakteristik yakni: sinyal yang memiliki frekuensi tinggi akan terlihat jelas pada skala yang rendah begitu juga sebaliknya. Akibatnya, pada penggunaan skala yang tinggi resolusi dari sinyal berfrekuensi tinggi akan semakin kabur. Dalam Analisa wavelet, Mallat dan Hwang (1992) menunjukkan bahwa CWT dapat mengidentifikasi singularitas dengan baik. Singularitas ditunjukkan dengan garis nilai extrema yang didapatkan dari matriks transformasi wavelet atau yang biasa disebut *Wavelet Transform Modulus Maxima Lines* (WTMML). Secara matematis nilai extrema didapatkan melalui Persamaan (2.6).

$$\frac{\delta}{\delta t}(Wf(x', \sigma)) = 0 \quad (2.6)$$

Dalam proses transformasi wavelet CWT akan dihasilkan beberapa ekstrema. Ekstrema-ekstrema ini merupakan nilai optimum lokal. Ekstrema yang ada dibagi menjadi ekstrema real dan ekstrema imajiner. Ekstrema-ekstrema ini yang kemudian akan dipasangkan dan menghasilkan representasi dari posisi dan kedalaman anomali data SP.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian pada tugas akhir ini ialah daerah rawan longor di Desa Pangkal Kecamatan Tugu Kabupaten Ponorogo. Posisi daerah penelitian sendiri berada didekat jalan utama Ponorogo-Trenggalek KM 23.

3.2 Peralatan dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan antara lain: avometer digital, elektroda, *Global Positioning System* (GPS), *porous pot* dan meteran. Sedangkan untuk bahan cairan pengisi *porous pot* ialah CuSO_4 . Avometer digital digunakan untuk mengukur nilai beda potensial pada kedua elektroda yang terpolarisasi. Kemudian GPS yang ada digunakan untuk mengetahui koordinat posisi pengukuran. Sedangkan meteran sendiri berfungsi untuk mengukur jarak antar titik data. CuSO_4 digunakan sebagai bahan polarisator.

3.3 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini, digunakan beberapa tahap yakni studi literatur, survey pendahuluan, akuisisi data, dan analisa data SP. Dalam proses analisa data, digunakan koreksi harian, koreksi referensi, koreksi klosur, dan menggunakan algoritma *Continous Wavelet Transform*. Untuk memudahkan pemahaman mengenai metodologi yang digunakan, alur penelitian ini dapat dideskripsikan dalam diagram alir penelitian (Gambar 3.3) dijelaskan dengan tahapan berikut:

3.3.1 Studi Literatur

Sebelum memulai penelitian dilakukan suatu studi pustaka yakni kajian pada peta geologi dan peta topografi. Peta geologi ini diperoleh dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (PPPG) Bandung. Selanjutnya peta topografi digunakan untuk mengetahui ketinggian dan kecuraman lereng yang disurvei yang

diperoleh dari Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL). Selain itu, pada tugas akhir ini juga dilakukan studi literatur mengenai metode SP, analisa dan koreksi data SP, dan metode CWT.

3.3.2 Survey Pendahuluan

Survey ini dilakukan dengan membandingkan antara geologi yang ada di lapangan dan peta geologi. Hasil survey ini, digunakan sebagai acuan dalam mendesain pengukuran data *Self-Potential*. Survey ini dilakukan agar hasil akuisisi data SP mewakili kondisi geologi secara keseluruhan daerah penelitian.

3.3.3 Desain Pengukuran data

Dari survey pendahuluan yang telah dilakukan, selanjutnya dibuat desain lintasan pengukuran data SP. Desain pengukuran ini dimaksudkan agar pengukuran dapat dilakukan dengan cepat dan mampu mewakili kondisi geologi setempat. Pengambilan data dilakukan pada delapan lintasan. Lintasan-lintasan tersebut memiliki panjang lintasan 66 meter untuk line 1, 84 meter untuk Line 2, 74 meter untuk Line 3, 79 meter untuk Line 4, 172 meter untuk Line A dan B, 92 meter untuk Line C, serta 126 meter untuk Line Jalan. Gambar 3.1 merupakan desain pengukuran data dengan keterangan lintasan akuisisi data SP.



Gambar 3.1 Desain pengukuran data SP

Akuisisi data dimulai dari pengukuran beda potensial di *base station*, kemudian pengukuran dilanjutkan pada tiap lintasan yang disurvei. Pengukuran beda potensial di *base station* dilakukan selama akuisisi data berlangsung dan nilainya dicatat

setiap 5 menit. Kemudian waktu saat pengukuran nilai beda potensial juga dicatat. Hal tersebut diulangi untuk semua data di setiap lintasan pengukuran.

3.3.5 Analisa Data

Data potensial diri yang telah terkoreksi dapat diinterpretasikan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisa data SP dilakukan melalui tiga tahap. Pertama, koreksi variasi harian, koreksi referensi, dan koreksi klosur (Saracco et al., 2004). Kedua, analisa data SP menggunakan metode CWT.

Data terukur dimasukkan kedalam excel untuk dikoreksi. Mula-mula, nilai beda potensial pada *base station* dan beda potensial pada setiap lintasan dicocokkan berdasarkan waktu setiap pengukuran, yang selanjutnya dilakukan koreksi referensi. Selanjutnya koreksi klosur juga diterapkan pada data SP ini. Koreksi harian, koreksi referensi, dan koreksi *closure* dapat dituliskan sebagaimana berikut:

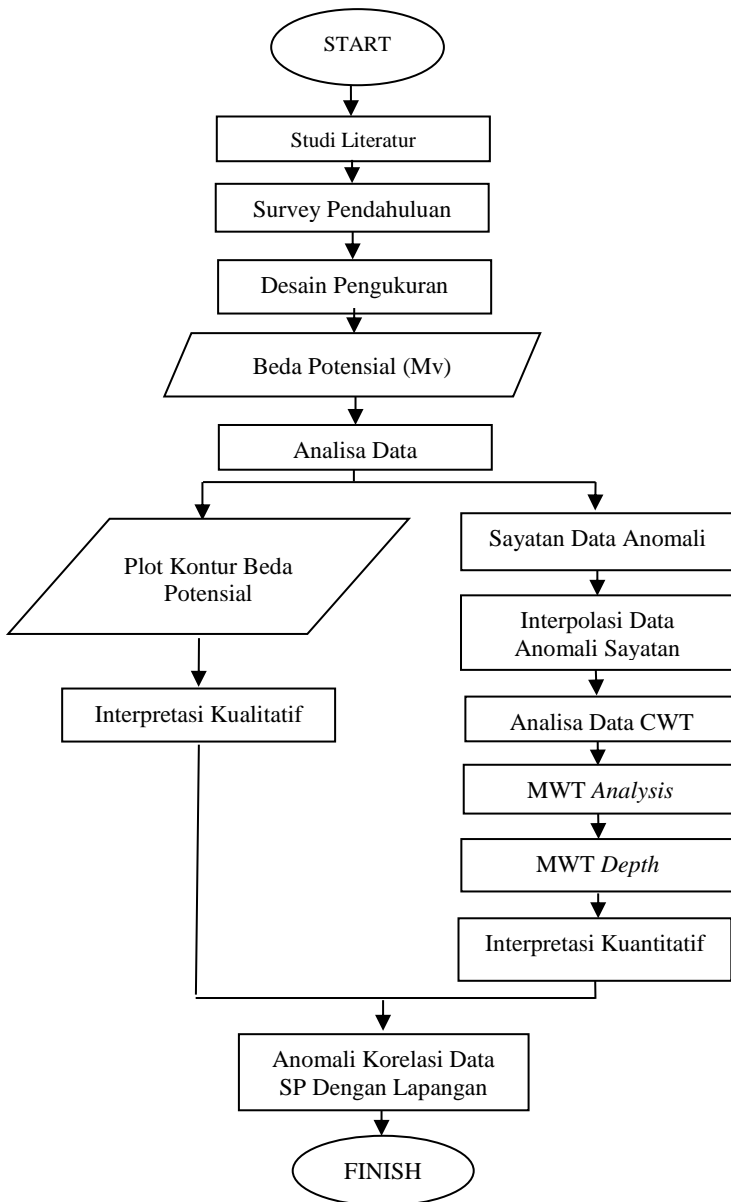
$$SP_n = V_n - V_{bs} \quad (3.1)$$

$$SP_r = SP_n + |SP_{profil}| \quad (3.2)$$

$$SP_c = SP_r - (D / N) * n \quad (3.3)$$

Koreksi harian menggunakan selisih antara nilai beda potensial terukur (V_n) dengan nilai beda potensial pada *base station*. Sedangkan pada koreksi referensi, data SP yang telah terkoreksi (SP_n) dijumlahkan dengan nilai mutlak data SP berdasarkan profilnya (SP_{profil}). Pada koreksi klosur, SP_c adalah nilai SP yang telah dikoreksi *closure correction*, SP_r adalah nilai SP yang telah dikoreksi menggunakan koreksi referensi. D adalah drift, N menotasikan total jumlah data pengukuran, serta n adalah tempat datapoint dalam lintasan. Hasil data SP yang telah terkoreksi, selanjutnya dikonturkan menggunakan software Surfer.

Untuk analisa kuantitatif, dilakukan penyayatan pada klosur-klosur yang mengindikasikan keberadaan anomali data SP. Hasil sayatan ini, selanjutnya dianalisis menggunakan metode CWT yang terbagi atas proses MWT *analysis* dan MWT *depth* untuk mengidentifikasi posisi dan kedalaman anomali data SP.



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

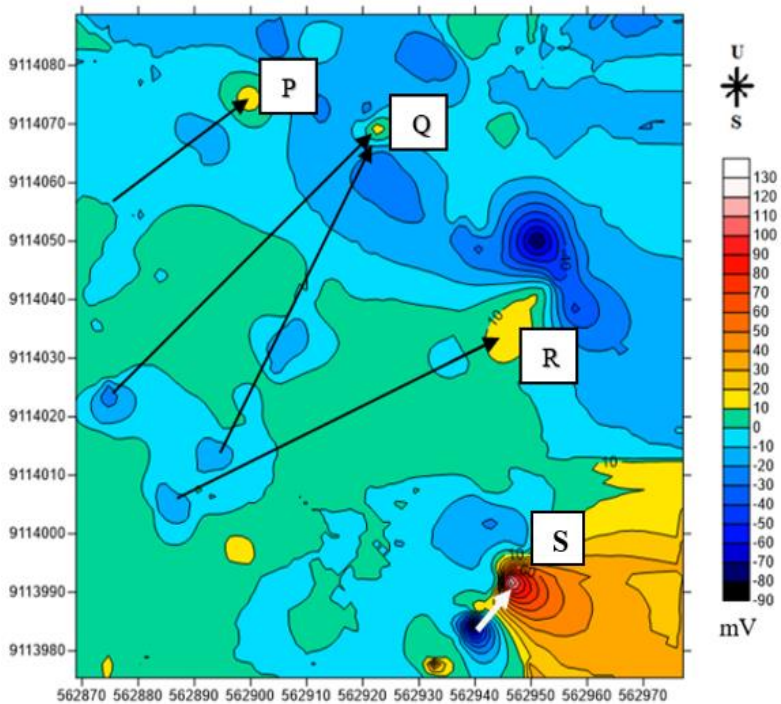
BAB IV ini menjelaskan mengenai hasil dan pembahasan data SP yang terukur pada daerah lereng Jalan Ponorogo-Trenggalek KM. 23. Pembahasan dilakukan melalui interpretasi kualitatif dan interpretasi kuantitatif.

4.1. Hasil Interpretasi Kualitatif

Sebagaimana dalam teori, salah satu penyebab anomali SP ialah gerakan fluida melalui pori-pori batuan. Pada daerah longsor, anomali SP secara spasial dapat memberikan informasi mengenai kondisi hidrogeologi daerah rawan longsor. Untuk memahaminya, dibutuhkan analisa kualitatif dan kuantitatif data SP. Analisa kualitatif pada data SP dilakukan dengan menghubungkan klosur-klosur anomali data SP dengan konsep sumber anomali data SP.

Patahan-patahan yang ada akan dengan mudah terinflasi oleh air hujan. Selanjutnya, fluida tersebut terakumulasi di sepanjang patahan tersebut. Sehingga akan mereduksi tegangan efektif dan mengurangi kuat geser tanah (Effendi, 2008). Selain itu, jenis tanah pada daerah penelitian merupakan tanah erupsi gunung yakni tanah lempung pasir yang bersifat *permeable*. Sehingga pada musim penghujan tanah akan sangat mudah menyerap air dan mencapai titik batas penahanan beban maksimum akibat gravitasi dan infiltrasi air. Selanjutnya dapat menyebabkan tanah longsor.

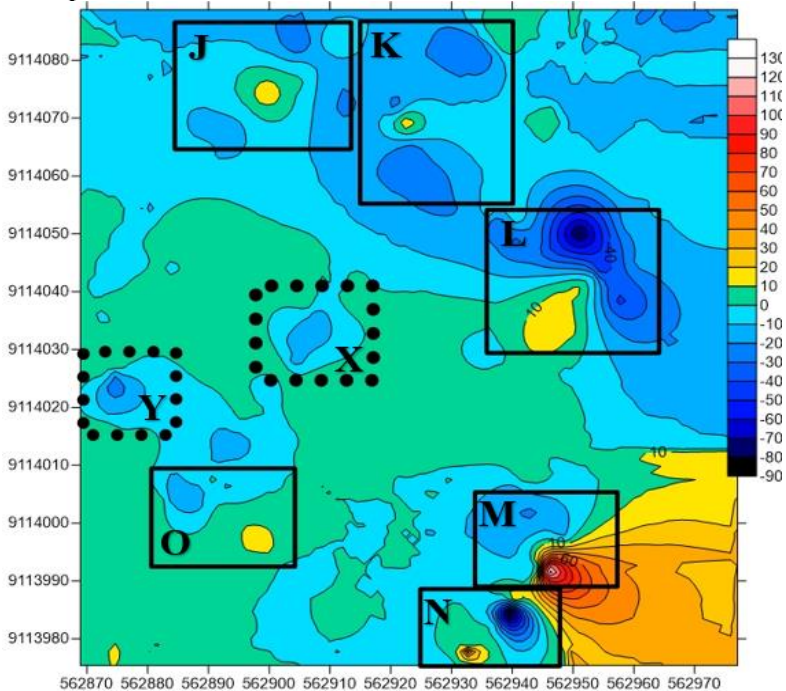
Untuk mengetahui zona infiltrasi perlu dilakukan analisa arah aliran fluida yang ada. Sebagaimana teori pergerakan fluida, diketahui bahwa fluida bergerak dari elevasi yang lebih tinggi menuju elevasi yang lebih rendah. Kemudian sesuai dengan teori elektrokinetis oleh Lapenna (2003), bahwa arah aliran fluida mengarah sesuai dengan arah aliran arus konveksi. Arah arus konveksi mengalir dari daerah dengan nilai beda potensial tinggi menuju daerah dengan nilai beda potensial rendah. Sehingga arah aliran fluida sebagaimana Gambar 4.1 mengarah dari arah barat daya menuju timur laut pada titik P, Q, R, dan S.



Gambar 4. 1 Arah aliran fluida.

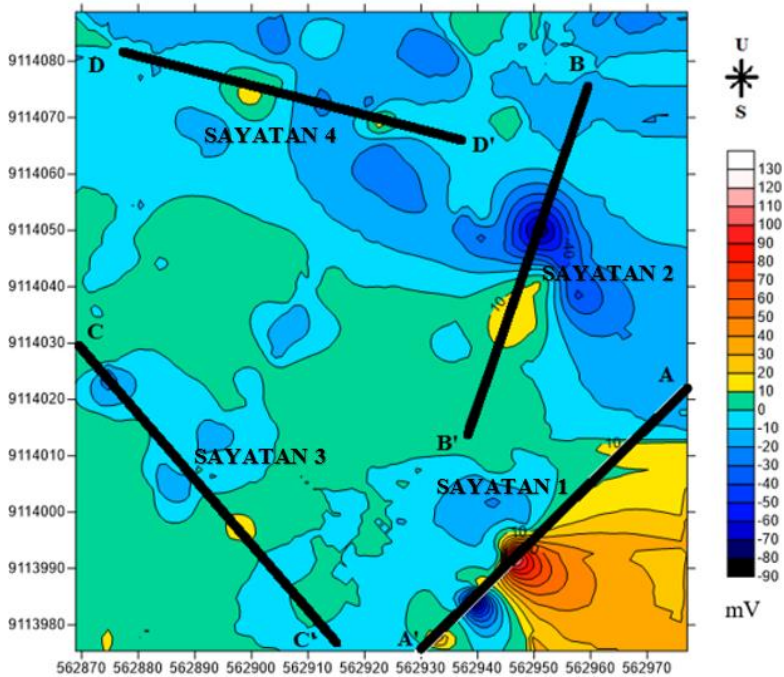
Gambar 4.2 menunjukkan bahwa pada daerah penelitian daerah lereng Jalan Raya Ponorogo-Trenggalek Km 23 terdapat beberapa anomali. Antara lain anomali dipole dan anomali monopole. Anomali dipole merupakan anomali pada daerah dengan klosur positif dan klosur negatif. Anomali-anomali dipole dapat dilihat dari Gambar 4.2, yang ditunjukkan dengan tanda J, K, L, M, N, dan O. Sedangkan anomali monopole merupakan anomali yang hanya memiliki satu jenis klosur negatif atau positif. Hal ini terlihat pada beberapa titik koordinat, seperti padatanda X dan Y pada Gambar 4.2. Anomali monopole dapat mengindikasikan adanya fluida dalam pori batuan. Sedangkan anomali dipole dapat mengindikasikan anomali yang disebabkan oleh adanya fluida

dalam struktur rekahan atau patahan. Persebaran anomali dipole dan monopole ditunjukkan pada Gambar 4.2, dengan tanda kotak untuk anomali dipole dan tanda kotak putus-putus untuk anomali monopole.



Gambar 4. 2 Anomali pada kontur data SP.

Dalam analisa kualitatif kedalaman dan posisi anomali data SP tidak dapat diketahui secara pasti. Sehingga untuk mengetahui posisi, kedalaman, dan karakter anomali tersebut perlu dilakukan analisa kuantatif. Dalam penelitian ini, dilakukan penyayatan pada kontur data SP dalam 4 sayatan sebagaimana Gambar 4.3.

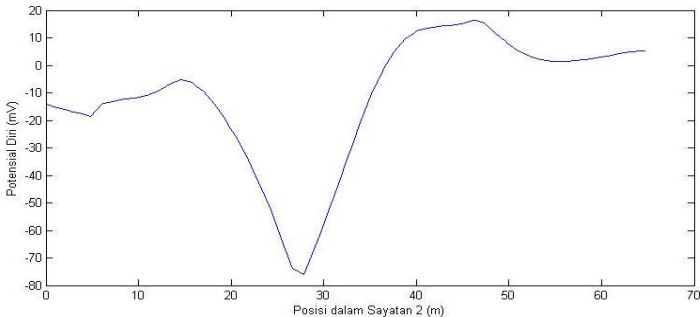


Gambar 4. 3 Sayatan-sayatan pada kontur data SP.

Sayatan 1 pada Gambar 4.3 menyayat bidang dari A-A'. Pada sayatan ini secara kualitatif diketahui bahwa terdapat anomali berupa anomali dipole. Hal ini ditunjukkan oleh adanya anomali dengan klosur positif dan negatif. Sayatan 2 pada Gambar 4.3 menyayat bidang dari B-B'. Secara analisa kualitatif dapat diketahui bahwasanya pada Sayatan 2 terdapat anomali dipole. Pada Sayatan 3 yang menyayat bidang C-C' diketahui terdapat anomali dipole dan monopole. Sayatan 4 diketahui terdapat 2 jenis anomali. Anomali pada daerah klosur negatif pada lintasan awal D-D' menunjukkan adanya anomali monopole. Pada Gambar 4.2 juga dapat diamati adanya anomali diantara klosur negatif dan positif sayatan. Hal ini menunjukkan adanya anomali dipole pada daerah tersebut.

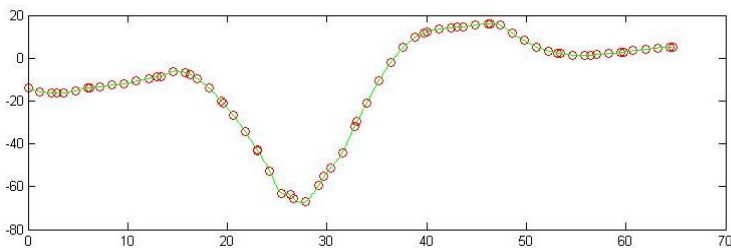
4.2. Hasil Analisa Kuantitatif.

Analisa kuantitatif pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Analisa CWT. Berikut hasil salah satu sayatan pada Sayatan 2 sebagaimana Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Data SP Sayatan 2.

Selanjutnya, Sayatan 2 diinterpolasi untuk menghasilkan titik-titik data baru dalam suatu jangkauan dari satu set diskrit data-data SP yang diketahui. Hal ini sangat dibutuhkan terutama untuk pengolahan data dengan jumlah data yang relatif sedikit. Hasil interpolasi untuk Sayatan 2 sebagaimana Gambar 4.5

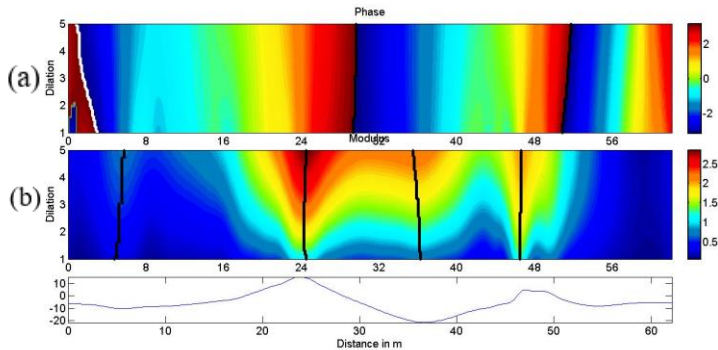


Gambar 4. 5 Hasil Interpolasi Data SP Sayatan 2.

4.2.1 Hasil Analisa Continous Wavelet Transform.

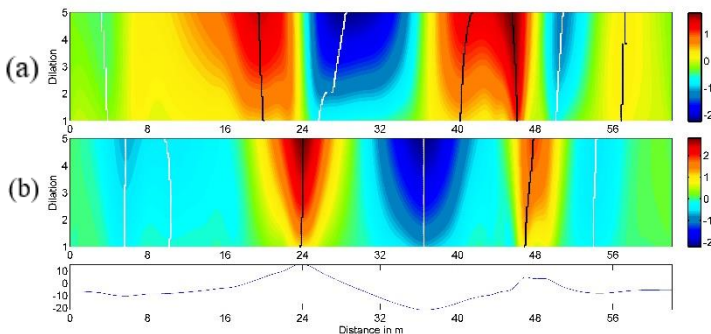
Program MWTmat digunakan untuk menghitung kedalaman dan posisi anomali data SP. Hasil analisis CWT pada data SP antara lain *phase*, modulus, *real*, dan imajiner dari hasil CWT. Sebagai

contoh: Gambar 4.6 merupakan *phase* and modulus dari analisa *wavelet* horisontal 3. Sedangkan gambar 4.7 hasil CWT untuk komponen *real* dan imajineranya.



Gambar 4. 6 Phase dan modulus hasil CWT

Gambar 4.7 (a) merupakan gambar phase dari data SP. Phase akan merepresentasikan orientasi *dip* atau kemiringan ekstrema pada sumbu vertikal maupun horisontal. Sedangkan modulus pada Gambar 4.7 (b) merupakan representasi dari jumlah dan posisi anomali.



Gambar 4. 7 Real dan imajiner hasil CWT.

Dengan menggunakan CWT, input sinyal yang ada akan dianalisa menggunakan satu dari 10 *wavelet*. Seluruh *wavelet* ini merupakan *wavelet* dari persamaan *Poisson Kennel Family*. Sepuluh *wavelet* ini diantaranya H1-V5. Wavelet H1, H2, H3, H4, H5 merupakan derivatif dari Poisson Kernel Family. Sedangkan data V1, V2, V3, V4, dan V5 merupakan transformasi Hilbert dari *wavelet* horisontalnya. Turunan atau derivatif pada suatu fungsi pada titik tertentu menjelaskan sifat-sifat fungsi yang mendekati nilai input.

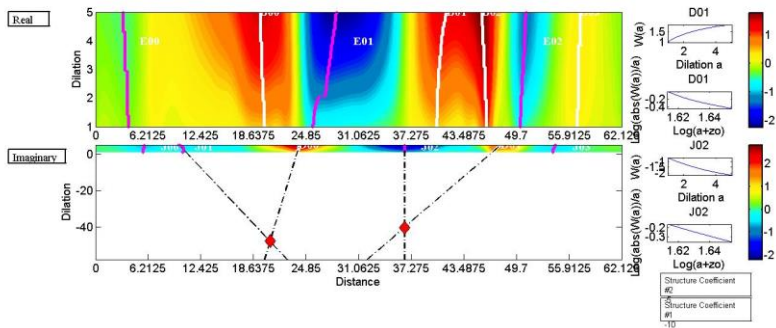
Tiap *wavelet*, akan menghasilkan beberapa ekstrema. Ekstrema-ekstrema ini terdiri dari beberapa ekstrema *real* dan imajiner yang berurutan ditunjukkan oleh Gambar 4.6 (a) dan 4.6 (b) Ekstrema data SP *real* terdiri dari ekstrema *real* positif dan negatif begitu juga dengan ekstrema imajiner hasil CWT data SP. Ekstrema tersebut diolah berdasarkan jenis *wavelet* masing-masing terhadap komponen *real* dan imajinernya sebagaimana Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jenis Wavelet Dan Ekstrema Yang Digunakan

Jenis Wavelet	Estrema Koefisien Wavelet
H1	<i>Imaginary</i>
H2	<i>Real</i>
H3	<i>Imaginary</i>
H4	<i>Real</i>
H5	<i>Imaginary</i>
V1	<i>Real</i>
V2	<i>Imaginary</i>
V3	<i>Real</i>
V4	<i>Imaginary</i>
V5	<i>Real</i>

Selanjutnya dilakukan analisa kedalaman dan posisi anomali. Dalam penelitian ini digunakan nilai $A_{min} = 1$, $A_{max} = 5$, dan singularitas 80%. Nilai singularitas merupakan deskripsi dari optimum lokal dan optimum global sinyal. Hal ini ditunjukkan

oleh garis nilai ekstrema yang didapat dari matriks dari transformasi wavelet. Proses CWT ini menggunakan nilai dilatasi sebesar 500. Dilatasi berhubungan dengan frekuensi sinyal dan berperan sebagai filter sinyal. Sehingga tiap wavelet pada frekuensi tertentu dikelompokkan berdasarkan dari panjang sinyalnya. Dilatasi dengan nilai diatas 1 akan membuat penurunan frekuensi *pada wavelet*. Nilai dilatasi mengontrol analisa resolusi vertikal. Semakin baik resolusi yang dihasilkan akan menghasilkan hasil kedalaman dan posisi anomali yang akurat.



Gambar 4. 8 Identifikasi posisi anomali Sayatan 4 dengan H1.

Karena dalam suatu analisa wavelet terdapat lebih dari 1 ekstrema, maka pemasangan ekstrema-ekstrema ini dilakukan berberapa kali untuk tiap ekstrema yang berpotongan. Kemudian setelah didapatkan hasil beberapa pemotongan ekstrema tersebut, data posisi dan kedalaman digunakan untuk mencari titik anomali yang sebenarnya sebagaimana Gambar 4.8.

4.2.2 Hasil Analisa Kedalaman dan Posisi Anomali.

Anomali yang berada pada daerah dengan pengkutupan negatif dan positif mengindikasikan adanya aliran fluida yang disebabkan oleh struktur patahan atau aliran fluida yang mengalir melalui rekahan. Kemudian apabila terdapat anomali pada satu daerah pengkutupan (berupa positif/negatif saja) maka dapat

diindikasikan adanya pergerakan fluida yang mengalir melalui pori.

Tiap wavelet biasanya menghasilkan 3 sampai 4 anomali dengan posisi yang berbeda-beda. Proses selanjutnya data kedalaman dan posisi yang didapat, dikumpulkan menjadi satu berdasarkan nilai posisi yang terdekat atau mendekati sama. Kemudian, dilakukan perhitungan median dan interquartile. Hal ini dilakukan untuk mengestimasi posisi terbaik (median) dan ketidakpastian posisi tersebut. Interquartile merupakan nilai yang berfungsi sebagai nilai ketidakpastian. Sehingga apabila semakin kecil nilai interquartilnya, maka posisi dan kedalaman yang dihasilkan semakin baik. Tabel 4.1 merupakan posisi dan kedalaman anomali untuk seluruh sayatan. Selanjutnya, data tersebut digunakan untuk intepretasi kuantitatif dari data SP.

Tabel 4.2 Posisi dan kedalaman anomali seluruh sayatan.

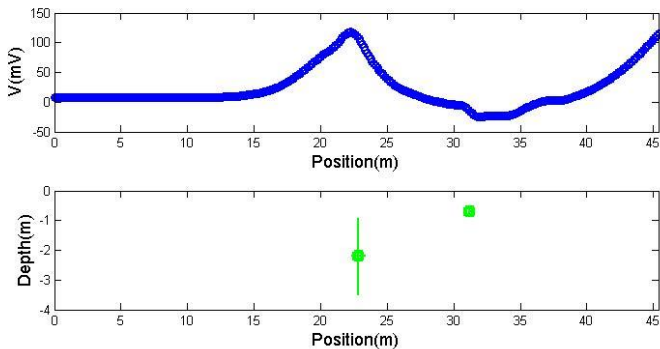
Sayatan	Posisi (m)	Kedalaman (m)	Iqr Posisi	Iqr Kedalaman	Koefisien Struktur
1	31.205	0.705915	0.0372	0.1315215	-2
	22.8168	2.20455	0.5035	1.28216875	-2
2	47.9945	3.33459	0.1478	0.072575	-2
	12.4928	3.34641	0.0858	0.142615	-1
	29.4905	11.7684	0.4631	2.5713275	-1
3	54.6046	2.02608	0.1525	0.5403675	-1
	7.52687	2.27545	0.0497	0.41213	-1
	21.4399	3.32565	0.4543	0.47202	-2
4	6.57941	3.76586	0.1097	0.589365	-1
	46.2523	0.986082	0.0082	0.294695	-2
	22.9745	1.29317	0.1524	0.30345625	-1

Data-data tersebut dimodelkan berdasarkan sayatan lintasannya untuk menghasilkan data *plotting* kedalaman dan

posisi anomali sebagaimana Gambar 4.9. Selanjutnya data tersebut dicocokkan untuk analisa kualitatif dan dengan keadaan lapangan.

4.2.3 Hasil Interpretasi Kuantitatif Sayatan 1

Hasil analisa posisi dan kedalaman CWT sebagaimana Gambar 4.9. Anomali Sayatan 1 pada posisi jarak ke 31.205 meter dengan kedalaman 0.705915 meter dan pada posisi jarak ke 22.8168 meter dengan kedalaman 2.20455 meter merupakan anomali dipole. Nilai koefisien struktur yang didapat dari analisa CWT adalah -2 (dipole). Maka dapat diketahui bahwa titik ini merupakan titik anomali dipole yang mengindikasikan adanya fluida pada struktur patahan atau rekahan.



Gambar 4. 9 Data self-potential dan posisi anomali pada lintasan Sayatan 1.

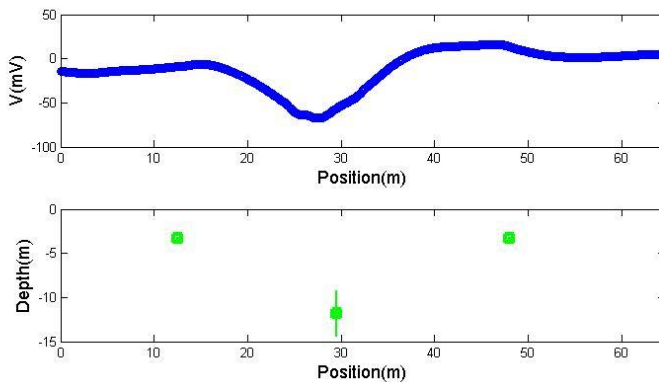
Pada posisi ini, anomali pada jarak ke 22.8168 meter secara fisis berupa retakan dalam diameter yang cukup lebar dan anomali pada jarak ke 31.205 meter terdapat longsoran akibat retakan (Gambar 4.10)



Gambar 4. 10 Rekahan dan longsor di badan lereng pada posisi Sayatan 1 lintasan daerah utara

4.2.4 Hasil Interpretasi Kuantitatif Sayatan 2

Hasil analisa kedalaman dan posisi menggunakan CWT pada Sayatan 2 dihasilkan beberapa anomali sebagaimana pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Data self-potential dan posisi anomali pada lintasan Sayatan 2

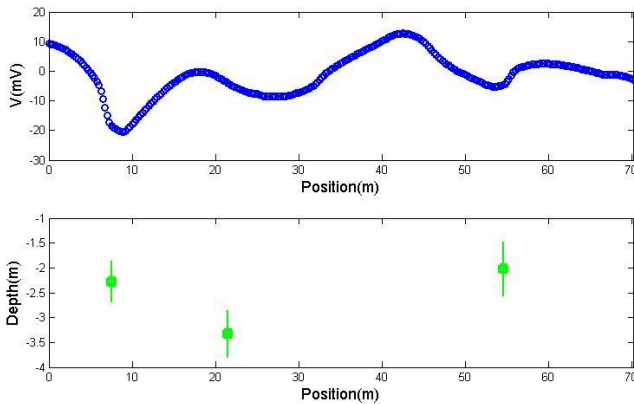
Untuk Sayatan 2, didapati bahwa pada jarak ke 12.4928 meter dengan kedalaman 3.34641 meter terdapat anomali klosur negatif dan jarak ke 29.4905 meter dengan kedalaman 11.7684 meter terdapat anomali klosur negatif. Nilai koefisien struktur Analisa CWT keduanya bernilai -1. Sehingga diketahui bahwa anomali titik ini merupakan anomali monopole yang mengindikasikan adanya aliran fluida dalam pori. Selain itu, pada posisi 47.9945 meter dengan kedalaman 3.33459 meter merupakan anomali dipole. Data ini didukung dengan nilai koefisien struktur hasil analisa CWT sebesar -2 (dipole) yang mengindikasikan adanya rekahan. Pada Sayatan 2 tersebut terdapat rekahan dan terdapat tanah longsor pada badan lereng sebagaimana Gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Rekahan dan Longsor Di Badan Lereng Pada Posisi Sayatan 2.

4.2.5 Hasil Interpretasi Kuantitatif Sayatan 3.

Secara kuantitatif pada Sayatan 3 didapatkan beberapa posisi dan kedalaman anomali SP yang dapat dideskripsikan oleh Gambar (4.13).



Gambar 4. 13 Data self-potential dan posisi pada lintasan Sayatan 3

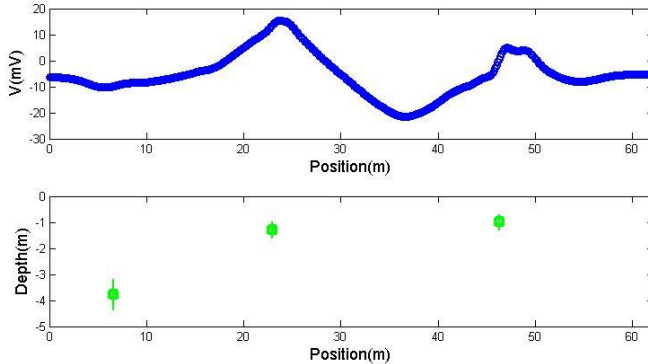
Hasil analisa CWT diketahui bahwa pada Sayatan 3 jarak ke 54.6046 meter dengan kedalaman 2.02608 meter merupakan anomali monopole. Hal ini ditunjukkan oleh posisi anomali yang berada pada klosur negatif. Kemudian pada jarak ke 7.52687 meter kedalaman 2.27545 meter merupakan anomali dipole. Hal ini didukung oleh nilai koefisien struktur CWT sebesar -1 (monopole). Keduanya mengindikasikan adanya fluida yang bergerak melalui pori-pori batuan. Pada jarak 21.4399 meter kedalaman 3.32565 meter merupakan anomali dipole yang ditunjukkan oleh posisi anomali pada klosur negatif dan positif. Nilai koefisien strukturnya bernilai -2 (dipole). Sehingga diketahui bahwa pada anomali posisi ini merupakan fluida yang bergerak dalam rekahan. Dengan demikian hasil analisa kualitatif dan kuantitatif yang dikorelasikan dengan kondisi geologi lapangan dapat dikatakan sesuai. Hal ini dapat ditunjukkan oleh lingkaran pada Gambar 4.14 sebagaimana retakan jalan pada lereng Sayatan 3.



Gambar 4. 14 Retakan pada jalan bidang lereng yang melintang ke timur di lintasan sayatan 3.

4.2.6 Hasil Interpretasi Kuantitatif Sayatan 4.

Sesuai dengan hasil analisa posisi dan kedalaman CWT sebagaimana Gambar 4.15 diketahui terdapat 3 titik anomali.



Gambar 4. 15 Data self-potential dan posisi pada lintasan Sayatan 4

Anomali hasil analisa CWT untuk sayatan 4 terdapat 3 sumber anomali. Anomali pertama, terletak pada jarak ke 6.57941 meter dengan kedalaman 3.76586 meter merupakan anomali monopole.

Kedua, pada jarak ke 46.2523 meter dengan kedalaman 0.98608 meter terdapat anomali yang berada diantara *klosur* negatif dan *klosur* positif. Dengan demikian anomalnya berupa anomali dipole. Hal ini didukung dengan data koefisien struktur hasil CWT bernilai -2 (dipole). Anomali ini mengindikasikan adanya aliran fluida yang mengalir melalui rekahan atau patahan dibawah permukaan tanah. Anomali ketiga pada jarak ke 22.9745 meter dengan kedalaman 1.29317 meter yang berupa anomali monopole dengan *klosur* positif, dengan nilai koefisien struktur hasil CWT bernilai -1. Hal ini sesuai dengan kondisi Sayatan 4 yang terdapat longsoran (Gambar 4.17).



Gambar 4. 16 Longsor di Jalan Raya Ponorogo-Trenggalek pada area Sayatan 4.

Dari hasil analisa kualitatif dan kuantitatif tersebut, diketahui bahwa daerah rawan tanah longsor berada pada timur laut daerah penelitian. Hal ini sesuai dengan kondisi lapangan dimana pada Sayatan 1 dan Sayatan 4 telah terjadi longsor yang mengarah ke timur laut daerah penelitian.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil interpretasi kualitatif dan kuantitatif data SP menunjukkan bahwa anomali data SP berupa anomali monopole dan dipole yang secara berurutan merepresentasikan adanya fluida dalam rekahan/patahan dan fluida dalam pori batuan
2. Kedua fluida tersebut sebagai penyebab longsor yang bergerak dari arah barat daya menuju timur laut.
3. Kedua anomali tersebut mengindikasikan posisi rawan longsor, yang memiliki kedalaman 0.6-4.2 meter.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Pengukuran menggunakan spasi electrode yang lebih kecil dan bentangan lintasan yang lebih panjang agar didapatkan hasil yang lebih baik.
2. Melakukan pengambilan data dengan metode pembandingan lain sebagai analisa pembandingan.
3. Pengukuran dilakukan pada musim hujan dan musim kemarau untuk dapat membandingkan hasil analisa data SP untuk hasil karakterisasi struktur muka air tanah lebih baik

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Abisatya, G.W., 2015. Prototipe Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis Arduino.
- Achmad, F., 2010. Studi Identifikasi Penyebab Longsor di Batu. Sainstek 5.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2011. Data Bencana Alam di Indonesia Periode 2011-2014. (<https://web.bpbid.jatimprov.go.id>).
- Bolève, A., Vandemeulebrouck, J., Grangeon, J., 2012. Dyke leakage localization and hydraulic permeability estimation through self-potential and hydro-acoustic measurements: Self-potential “abacus” diagram for hydraulic permeability estimation and uncertainty computation. *J. Appl. Geophys.* 86, 17–28. doi:10.1016/j.jappgeo.2012.07.007
- Effendi, A.D., 2008. Identifikasi kejadian longsor dan penentuan faktor-faktor utama penyebabnya di Kecamatan Babakan Madang Kabupaten Bogor.
- Lapenna, V., Lorenzo, P., Perrone, A., Piscitelli, S., Sdao, F., Rizzo, E., 2003. High-resolution geoelectrical tomographies in the study of Giarrossa landslide (southern Italy). *Bull. Eng. Geol. Environ.* 62, 259–268. doi:10.1007/s10064-002-0184-z
- Mauri, G., Williams-Jones, G., Saracco, G., 2011. MWTmat—application of multiscale wavelet tomography on potential fields. *Comput. Geosci., Geospatial Cyberinfrastructure for Polar Research* 37, 1825–1835. doi:10.1016/j.cageo.2011.04.005
- Mauri, G., Williams-Jones, G., Saracco, G., 2010. Depth determinations of shallow hydrothermal systems by self-potential and multi-scale wavelet tomography. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 191, 233–244. doi:10.1016/j.jvolgeores.2010.02.004
- OBERTO, S., 1984. Fundamentals of Well-log interpretation, first volume. Elsevier.

- Perez-Muñoz, T., Velasco-Hernandez, J., Hernandez-Martinez, E., 2013. Wavelet transform analysis for lithological characteristics identification in siliciclastic oil fields. *J. Appl. Geophys.* 98, 298–308. doi:10.1016/j.jappgeo.2013.09.010
- Rahmawati, A., 2009. Pendugaan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi Dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus Di Daerah Karangsambung Dan Sekitarnya, Kabupaten Kebumen). Universitas Negeri Semarang.
- Sampurno, H, Samodra. Peta Geologi Lembar Ponorogo, Jawa Timur. Bandung, 1997.
- Saracco, G., Labazuy, P., Moreau, F., 2004. Localization of self-potential sources in volcano-electric effect with complex continuous wavelet transform and electrical tomography methods for an active volcano. *Geophys. Res. Lett.* 31, L12610. doi:10.1029/2004GL019554
- Setiawan, H., Sassa, K., 2015. Shear strength reduction in progress of shear displacement on the landslide near dam reservoir. *Elsevier BV* 28 2015() 587 – 594, 1–8.
- Supeno, Nugroho, A.T., Utama, W., 2009. Survei Potensi Sumber Daya Mineral di Kecamatan Silo Kabupaten Jember dengan menggunakan Metode Potensial Diri. *J. Fis. DAN Apl.* 5, 1–6.
- Soueid Ahmed, A., Jardani, A., Revil, A., Dupont, J.P., 2014. Hydraulic conductivity field characterization from the joint inversion of hydraulic heads and self-potential data. *Water Resour. Res.* 50, 3502–3522. doi:10.1002/2013WR014645
- Soueid Ahmed, A., Jardani, A., Revil, A., Dupont, J.P., 2013. SP2DINV: A 2D forward and inverse code for streaming potential problems. *Comput. Geosci.* 59, 9–16. doi:10.1016/j.cageo.2013.05.008
- Telford, W., and L. Geldart.,1990. *Applied Geophysics*. London: Cambridge University.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap “Rina Rezkia Rekso Penggalih” yang biasa dipanggil Rina. Penulis merupakan anak ke pertama dari empat bersaudara yang lahir di Situbondo pada 27 November 1994. Penulis menempuh pendidikan semasa kecil di SD Negeri Kedungpring 2 yang kemudian melanjutkan pendidikannya di SMP Negeri 1 Kedungpring, SMA Negeri 1 Babat serta pendidikan non-formal Saka Bhayangkara POLRES Lamongan.

Selama menempuh pendidikan di masa kecil, penulis sering mengikuti berbagai ajang perlombaan teater, puisi, dan kepramukaan yang diadakan pada tingkat sekolah dan kabupaten. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan S1 di jurusan Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama menempuh pendidikan di Fisika ITS penulis memilih konsentrasi Fisika Bumi. Penulis juga aktif di beberapa organisasi seperti HIMASIKA dan AAPG ITS SC. Selama masa perkuliahan yang ada penulis juga mengikuti beberapa perlombaan LKTIN seperti Program Kreativitas Mahasiswa Nasional. Penulis sangat tertarik pada bidang keorganisasian dan *travelling*.

Harapan penulis adalah penulis dapat mengabdikan pada masyarakat sekitar, sehingga penulis dapat mengamalkan sedikit ilmu yang dimilikinya. Karna sebagaimana sabdarasullah “ilmu yang tidak diamalkan itu seperti pohon yang tidak berbuah”.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

DATA SELF-POTENSIAL

LINE	SP PENGUKURAN					BS		HASIL		
	No.	X	Y	mV	Tsp	Tbs	BS	SPr	SPc	
LINE 1	0	TITIK 1 FIXED BASE						0	0	
	1	562957.428	9114038.247	-	14,58	14,55	6.3	-18.6	-	
	2	562955.888	9114039.908	-	15,05	15,05	5.1	-13.6	-	
	3	562953.247	9114042.571	-0.1	15,14	15,10	5.1	-0.1	-	
	4	562954.129	9114043.339	-	15,16	15,15	4.7	-19.7	-	
	5	562951.597	9114044.89	-	15,17		4.7	-14.4	-	
	6	562946.09	9114046.89	-	15,20	15,20	4.6	-17.5	-	
	7	562940.692	9114048.779	-	15,21		4.6	-14.8	-	
	8	562941.249	9114052.753	-0.4	12,27	15,25	4.6	-0.4	-	
	9	562940.147	9114052.532	-0.5	15,31	15,30	4.8	-0.5	-	
	10	562937.612	9114052.323	-	15,34		4.8	-11.7	-	
	11	562936.181	9114053.539	-0.4	15,37	15,35	5	-0.4	-	
	12	562932.104	9114053.98	-7.6	15,44	15,40	5	-7.6	-	
	13	562926.381	9114059.187	-	15,46	15,45	5	-11.1	-	
	14	562926.156	9114056.314	-9.4	15,50	15,50	4.9	-9.4	-	
	15	562925.278	9114058.419	-8.5	15,52		4.9	-8.5	-	
	16	562925.392	9114061.291	-9.2	15,54	15,55	4.9	-9.2	-	
	17	562925.834	9114062.06	-8.8	15,56		4.6	-8.8	-	
	18	562924.069	9114061.071	-9	15,59	16,00	4.6	-9	-	
	19	562922.308	9114062.51	-	16,00		4.5	-12.8	-	
	20	562923.302	9114064.389	-	16,05	16,05	4	-13.3	-	
	21	JALAN					4		-	
	22	562922.538	9114069.144	12	16,09		4	12	-	

	23	562918.795	9114072.467	-2.1	16,11	16,10	3.6	-2.1	8.772727273	
	24	562920.448	9114072.131	-13	16,14		3.6	-13	-	
	25	562915.489	9114072.583	-8	16,16	16,15	3.5	-8	3.818181818	
	26	562912.292	9114071.475	-10	16,19		3.5	-10	2.290909091	
	27	SUNGAI					3.5		12.76363636	
	28	562911.747	9114075.572	-9.1	16,21	16,20	3	-9.1	4.136363636	
	29	562909.324	9114076.678	-7.7	16,24		3	-7.7	6.009090909	
	30	562909.329	9114080.107	-7.8	16,25	16,25	2,7	-7.8	6.381818182	
	31	562906.904	9114080.11	-7.1	16,30	16,30	2.4	-7.1	7.554545455	
	32	562905.694	9114081.548	-7.6	16,30		2.4	-7.6	7.527272727	
	33	562905.144	9114082.327	-	16,34		2.4	-15.6	0	
	LINE 2	34	562873.319	9114019.237	-6.7	11,03	11,00	0.7	-22.3	-26.924
		35	562874.097	9114024.101	-7.5	11,05	11,05	0.7	-23.1	-27.86
36		562874.43	9114025.87	-4.3	11,06	0.7		-19.9	-24.796	
37		562873.327	9114025.325	6.4	11,06	0.7		-9.2	-14.232	
38		562874.761	9114026.315	8	11,11	11,10	0.7	-7.6	-12.768	
39		562876.196	9114028.083	8.1	11,12		0.7	-7.5	-12.804	
40		562868.924	9114028.862	11.6	11,14		0.7	-4	-9.44	
41		562873.231	9114035.713	5.1	11,15	11,15	0.7	-10.5	-16.076	
42		562874.004	9114036.491	8.6	11,16		0.7	-7	-12.712	
43		562874.337	9114038.696	7.9	11,18		0.7	-7.7	-13.548	
44		562874.998	9114038.139	7.4	11,18		0.7	-8.2	-14.184	
45		562872.578	9114041.571	4.1	11,21	11,20	0.7	-11.5	-17.62	
46		562871.919	9114042.795	6.3	11,25	11,25	0.7	-9.3	-15.556	
47		562876.109	9114044.995	0.8	11,28		0.7	-14.8	-21.192	
48		562873.248	9114047.436	6.6	11,30	11,30	0.7	-9	-15.528	
49				0			0.7	-15.6	-22.264	
50		562878.32	9114049.412	3.5	11,32		0.7	-12.1	-18.9	
51		562876.67	9114051.629	6.1	11,34		0.7	-9.5	-16.436	
52		562877.662	9114051.85	4	11,35	11,35	0.7	-11.6	-18.672	
53		562879.539	9114054.275	6.5	11,37		0.7	-9.1	-16.308	

	54	562879.979	9114054.275	-2.3	11,39		0.7	-17.9	-25.244
	55	562881.632	9114053.837	4.3	11,41	11,40	0.6	-11.3	-18.78
	56	562881.415	9114056.376	1.7	11,42		0.6	-13.9	-21.516
	57	562883.402	9114059.024	4.2	11,43		0.6	-11.4	-19.152
	58	562886.598	9114059.019	1.2	11,44		0.6	-14.4	-22.288
	59	562887.371	9114060.242	3.4	11,46	11,45	0.6	-12.2	-20.224
	60	562890.902	9114063.545	0.6	11,49		0.6	-15	-23.16
	61	562889.47	9114064.214	3.9	11,50	11,50	0.6	-11.7	-19.996
	62	562889.365	9114067.309	-0.6	11,53		0.6	-16.2	-24.632
	63	562894.104	9114067.859	-1.4	11,54		0.6	-17	-25.568
	64	562896.423	9114071.395	4	11,55	11,55	0.5	-11.6	-20.304
	65	562897.085	9114072.164	8.8	11,56		0.5	-6.8	-15.64
	66	562900.506	9114075.032	14	11,58		0.5	-1.6	-10.576
	67	562900.395	9114074.698	16	12,00	12,00	0.5	0.4	-8.712
	68	562901.167	9114074.92	11.2	12,01		0.5	-4.4	-13.648
	69	562905.023	9114074.367	4.6	12,02		0.5	-11	-20.384
	70	562905.245	9114075.47	6.4	12,04		0.5	-9.2	-18.72
	71	562906.571	9114078.341	0		12,15	0.3	-15.6	-25.256
	72	JALAN BATU		4.1	12,16		0.3	-11.5	-21.292
	73	562911.094	9114081.874	3.8	12,18		0.3	-11.8	-21.728
	74	562910.543	9114081.875	3.3	12,20	12,20	0.1	-12.3	-22.364
	75	562909.664	9114083.313	3.5	12,21		0.1	-12.1	-22.3
LINE 3	76	562930.564	9113976.929	6.4	10,56	10,55	-	-	-
							0.4	-5.7	3.121428571
	77	562931.558	9113978.475	5.3	10,57		-	-	-
							0.4	-6.8	-4.1875
	78	562931.121	9113980.903	4.4	10,59		-	-	-
							0.4	-7.7	5.053571429
	79	562930.902	9113982.016	2.1	11,00	11,00	-	-	-
							0.4	-10	7.319642857
	80	562925.83	9113979.808	-2.9	11,02		-	-	-
							0.4	-15	12.28571429
	81	562924.952	9113982.358	-4.7	11,08	11,05	-	-	-
							0.3	-16.8	14.05178571
	82	562920.434	9113982.911	-3.6	11,13	11,10	-	-	-
							0.1	-15.7	12.91785714
	83	562918.562	9113983.58	-0.8	11,14		-	-	-
							0.1	-12.9	10.08392857

84	562916.908	9113983.36	-2.7	11,21	11,20	0.1	-14.8	-11.95
85	562915.917	9113983.806	-0.1	11,23		0.1	-12.2	9.316071429
86	562910.409	9113985.362	0.2	11,25	11,25	0.1	-11.9	8.982142857
87	562906.886	9113987.461	1.4	11,27		0.1	-10.7	7.748214286
88	562907.657	9113987.46	-0.3	11,30	11,30	0.1	-12.4	9.414285714
89	562907.106	9113987.683	-7.7	11,32		0.1	-19.8	16.78035714
90	562906.114	9113987.026	-5	11,34		0.1	-17.1	14.04642857
91	562903.915	9113990.782	-3.4	11,37	11,35	0.1	-15.5	-12.4125
92	562902.262	9113990.674	-2.4	11,40	11,40	0.1	-14.5	11.37857143
93	562901.274	9113993.77	-1.1	11,44		0.1	-13.2	10.04464286
94	562900.504	9113994.772	3.6	14,03	14,00	0.5	-8.5	5.310714286
95	562897.092	9113997.649	5.3	14,05	14,05	0.7	-6.8	3.576785714
96	562894.336	9113997.208	2.3	14,09		0.7	-9.8	6.542857143
97	562893.239	9114000.639	1.6	14,11	14,10	0.7	-10.5	7.208928571
98	562892.359	9114001.529	2.1	14,14		0.7	-10	-6.675
99	562892.911	9114002.187	1.7	14,16	14,15	0.8	-10.4	7.041071429
100	562889.387	9114004.406	1.1	14,18		0.8	-11	7.607142857
101	562890.934	9114006.943	0.7	14,20	14,20	0.8	-11.4	7.973214286
102	562891.156	9114008.157	-0.5	14,23		0.8	-12.6	9.139285714
103	562887.299	9114008.273	-0.9	14,25	14,25	0.7	-13	9.505357143
104	562882.22	9114001.544	-0.5	14,28		0.7	-12.6	9.071428571
105	562882.223	9114003.749	1	14,31	14,30	0.7	-11.1	-7.5375
106	562880.141	9114011.712	1.1	14,33		0.7	-11	7.403571429
107	562879.153	9114014.809	0.7	14,35	14,35	0.7	-11.4	7.769642857
108	562871.766	9114011.835	0.6	14,37		0.7	-11.5	7.835714286
109	562875.627	9114014.702	-0.4	14,40	14,40	0.7	-12.5	8.801785714
110	562872.981	9114014.048	1.3	14,42		0.7	-10.8	7.067857143

	111	562871.22	9114015.922	1.7	14,45	14,45	0.7	-10.4	-
	112	562872.764	9114016.254	2.6	14,47		0.7	-9.5	-5.7
LINE 4	113	562950.046	9114039.258	2.3	11,20		0.6	-7.2	1.886754967
	114	562950.599	9114040.249	3.6	11,21		0.6	-5.9	0.539735099
	115	562947.621	9114038.816	3.4	11,22		0.6	-6.1	0.692715232
	116	562945.741	9114033.62	3.8	11,24		0.6	-5.7	0.245695364
	117	562944.967	9114031.74	5.9	11,25	11,20	0.6	-3.6	1.901324503
	118	562949.156	9114032.846	4.3	11,27		0.6	-5.2	0.348344371
	119	562949.264	9114031.632	0.2	11,29		0.6	-9.3	3.704635762
	120	562944.849	9114026.773	-2.3	11,30		0.7	-11.8	6.157615894
	121	562943.19	9114022.235	-3.6	11,33	11,30	0.7	-13.1	7.410596026
	122	562946.385	9114021.573	-3.4	11,35		0.7	-12.9	7.163576159
	123	562950.243	9114022.448	-4.1	11,38		0.7	-13.6	7.816556291
	124	562945.939	9114017.922	-2.3	11,39		0.7	-11.8	5.969536424
	125	562943.073	9114016.935	-2.8	11,44		0.8	-12.3	6.422516556
	126	562948.689	9114014.49	-2	11,48	11,45	0.8	-11.5	5.575496689
	127	562945.271	9114012.836	-0.6	11,49		0.8	-10.1	4.128476821
	128	562944.827	9114010.853	-1.6	11,50		0.9	-11.1	5.081456954
	129	562944.052	9114007.759	-2.1	11,54		0.9	-11.6	5.534437086
	130	562941.627	9114007.864	-2.1	11,59	11,55	0.9	-11.6	5.487417219
	131	562940.192	9114005.994	11.1	12,01	12,00	1	-20.6	14.44039735
	132	562943.382	9114001.459	15.7	12,03		1	-25.2	18.99337748
	133	562944.151	9114000.234	11.2	12,06		1	-20.7	14.44635762
	134	562944.039	9113999.021	10.6	12,09		1	-20.1	13.79933775
	135	562948.335	9113997.245	-9.6	12,10		1	-19.1	12.75231788
	136	562949.327	9113997.243	-5.4	12,13	12,10	1	-14.9	8.505298013

	137	562942.159	9113993.713	-7	12,16		1	-16.5	-
	138	562940.391	9113990.509	-5.2	12,19		1	-14.7	-
	139	562944.36	9113992.051	-5.5	12,20	12,20	0.9	-15	-
	140	562945.462	9113991.939	66	12,21		0.9	56.5	-
	141	562942.374	9113989.849	-5.8	12,25		0.9	-15.3	-
	142	562942.038	9113986.087	-6.4	12,29		0.9	-15.9	-
	143	562940.386	9113986.868	6	12,32		0.8	-3.5	-
	144	562939.611	9113984.32	-	12,34		0.8	-66.1	-
	145	562937.19	9113986.761	-6.4	12,35	12,35	0.8	-15.9	-
	146	562936.853	9113982.554	-6.1	12,40		0.8	-15.6	-
	147	562933.88	9113984.217	-5.8	12,43		0.8	-15.3	-
	148	562937.952	9113979.791	-6.4	12,45		0.7	-15.9	-
	149	562932.991	9113978.918	-6.6	12,46		0.7	-16.1	-
	150	562932.77	9113977.917	26.6	12,50		0.7	17.1	-
	151	562932.876	9113975.489	-4.8	12,52		0.7	-14.3	-
LINE A + LINE B + LINE 2 TENGAH	152	562946.257	9114008.525	2.4	13,18	795	3.9	-11.9	-
	153	562946.259	9114010.517	0.5	12,21		3.9	-13.8	-
	154	562944.276	9114010.52	2.6	13,22		3.9	-11.7	-
	155	562944.386	9114010.187	4.1	13,25		3.9	-10.2	-
	156	562942.074	9114012.071	4.2	1,26		3.9	-10.1	-
	157	562939.761	9114012.732	3.9	13,28	805	3.9	-10.4	-
	158	562939.433	9114014.502	3.7	13,30		3.9	-10.6	-
	159	562937.01	9114016.165	4.9	13,34		3.9	-9.4	-
	160	562935.908	9114015.731	5.7	13,36		4	-8.6	-
	161	562932.269	9114014.077	5.4	13,38		4	-8.9	-
	162	562931.717	9114013.522	5	13,41		4.1	-9.3	-
	163	562929.403	9114013.525	4.8	13,42		4.1	-9.5	-

	164	562925.218	9114015.189	5.1	13,43		4.1	-9.2	-	8.231223629
	165	562923.896	9114015.525	5.3	13,45		4.1	-9	-	8.025316456
	166	562922.797	9114017.843	4.9	13,47		4.1	-9.4	-	8.419409283
	167	562921.366	9114019.393	5.5	13,48		4.1	-8.8	-	-7.81350211
	168	562921.697	9114019.281	6	13,49	825	4.1	-8.3	-	7.307594937
	169	562920.926	9114019.393	5.6	13,50		4.2	-8.7	-	7.701687764
	170	562917.181	9114020.946	5.2	13,52		4.2	-9.1	-	8.095780591
	171	562912.664	9114021.953	6	13,53		4.2	-8.3	-	7.289873418
	172	562912.226	9114023.937	5.4	13,54	830	4.2	-8.9	-	7.883966245
	173	562912.226	9114023.826	5.6	13,55		4.2	-8.7	-	7.678059072
	174	562910.244	9114025.274	5.4	13,56		4.2	-8.9	-	7.872151899
	175	562906.607	9114024.612	6.2	13,58		4.2	-8.1	-	7.066244726
	176	562905.724	9114023.946	6.1	13,59	835	4.2	-8.2	-	7.160337553
	177	562903.411	9114024.95	5.9	14,00		4.2	-8.4	-	-7.35443038
	178	562902.092	9114027.157	5.8	14,02		4.2	-8.5	-	7.448523207
	179	562899.449	9114028.708	6	14,04		4.2	-8.3	-	7.242616034
	180	562894.71	9114028.391	4.3	14,04	840	4.2	-10	-	8.936708861
	181	562895.043	9114030.049	5.6	14,05		4.3	-8.7	-	7.630801688
	182	562895.599	9114033.255	4.1	14,06		4.3	-10.2	-	9.124894515
	183	562895.268	9114033.255	3.9	14,08		4.3	-10.4	-	9.318987342
	184	562892.844	9114033.36	4.1	14,09	845	4.3	-10.2	-	9.113080169
	185	562887.118	9114036.908	4.2	14,10		4.3	-10.1	-	9.007172996
	186	562890.425	9114037.682	3.3	14,11		4.3	-11	-	9.901265823
	187	562889.985	9114038.118	4.3	14,13	850	4.3	-10	-	-8.89535865
	188	562886.569	9114038.123	2	14,15		4.3	-12.3	-	11.18945148
	189	562885.029	9114040.34	4.3	14,16	855	4.3	-10	-	8.883544304

	190	562885.14	9114040.673	4.2	14,20		4.3	-10.1	-	8.977637131
	191	562879.849	9114039.467	2.3	14,22		4.3	-12	-	10.87172996
	192	562878.639	9114041.563	3.9	14,23		4.3	-10.4	-	9.265822785
	193	562879.301	9114042.006	2.5	14,24	860	4.3	-11.8	-	10.65991561
	194	562880.843	9114041.671	4.6	14,27		4.3	-9.7	-	8.554008439
	195	562884.042	9114043.547	0.5	14,29	865	4.3	-13.8	-	12.64810127
	196	562880.082	9114048.64	3.9	14,30		4.4	-10.4	-	9.242194093
	197	562882.838	9114049.628	2.4	14,31		4.4	-11.9	-	10.73628692
	198	562883.17	9114050.842	4.1	14,32		4.4	-10.2	-	9.030379747
	199	562884.824	9114051.062	2.5	14,34	870	4.4	-11.8	-	10.62447257
	200	562886.257	9114051.505	4.2	14,35		4.4	-10.1	-	8.918565401
	201	562883.945	9114053.278	2.7	14,37		4.4	-11.6	-	10.41265823
	202	562887.803	9114053.828	4.6	14,38		4.4	-9.7	-	8.506751055
	203	562891.437	9114051.72	3.6	14,39	875	4.4	-10.7	-	9.500843882
	204	562891.547	9114051.497	4.5	14,41		4.4	-9.8	-	8.594936709
	205	562893.746	9114047.954	3.8	14,42	880	4.4	-10.5	-	9.289029536
	206	562895.288	9114047.952	3.4	14,46		4.4	-10.9	-	9.683122363
	207	562902.227	9114045.07	2.7	14,47		4.4	-11.6	-	10.37721519
	208	562901.238	9114046.73	3.2	14,48	885	4.4	-11.1	-	9.871308017
	209	562902.557	9114044.411	2.5	14,50		4.4	-11.8	-	10.56540084
	210	562905.201	9114044.296	3.3	14,51		4.4	-11	-	9.759493671
	211	562907.297	9114045.396	3.4	14,53	890	4.4	-10.9	-	9.653586498
	212	562908.285	9114043.069	1	14,56		4.5	-13.3	-	12.04767932
	213	562908.284	9114042.411	2.9	14,58	895	4.5	-11.4	-	10.14177215
	214	562910.378	9114041.963	3.1	15,01		4.5	-11.2	-	9.935864979
	215	562913.131	9114040.634	2.1	15,04	900	4.5	-12.2	-	10.92995781

	216	562914.013	9114040.967	5.1	15,06		4.5	-9.2	-	7.924050633
	217	562915.886	9114040.519	1.6	15,35		4.6	-12.7	-	11.41814346
	218	562913.9	9114038.975	5	15,38	935	4.6	-9.3	-	8.012236287
	219	562919.958	9114036.64	1.8	15,40		4.6	-12.5	-	11.20632911
	220	562922.384	9114038.184	2.1	15,43		4.6	-12.2	-	10.90042194
	221	562920.727	9114035.314	2.2	15,44	940	4.6	-12.1	-	10.79451477
	222	562925.246	9114035.864	3.2	15,45		4.6	-11.1	-	9.788607595
	223	562928.883	9114035.747	2.7	15,46		4.6	-11.6	-	10.28270042
	224	562930.315	9114035.189	2.5	15,47	945	4.6	-11.8	-	10.47679325
	225	562933.292	9114036.297	2.7	15,50		4.6	-11.6	-	10.27088608
	226	562934.392	9114035.184	2.6	15,53		4.6	-11.7	-	-10.3649789
	227	562936.374	9114034.301	1.1	15,54	950	4.6	-13.2	-	11.85907173
	228	562934.276	9114030.875	-0.3	15,57		4.6	-14.6	-	13.25316456
	229	562936.149	9114030.761	0.3	15,58	955	4.6	-14	-	12.64725738
	230	562937.687	9114026.997	1.3	16,00		4.6	-13	-	11.64135021
	231	562938.682	9114029.432	0.7	16,03		4.6	-13.6	-	12.23544304
	232	562939.669	9114026.336	1.2	16,04	960	4.6	-13.1	-	11.72953586
	233	562940.659	9114024.564	1.5	16,06		4.6	-12.8	-	11.42362869
	234	562943.083	9114024.228	2.5	16,07	965	4.6	-11.8	-	10.41772152
	235	562946.499	9114024.445	1.4	16,13		4.6	-12.9	-	11.51181435
	236	562948.155	9114026.546	0.6	16,14	970	4.6	-13.7	-	12.30590717
	237	562950.357	9114025.218	1	16,15	975	4.6	-13.3	-	-11.9
LINE C	1	562883.877	9114003.969	-4.9	09,38	575	3.1	-3.9	-	-4.12173913
	2	562884.982	9114006.182	-8.5	09,39		3.1	-7.5	-	7.943478261
	3	562889.167	9114004.295	-7.5	09,41	580	3.2	-6.5	-	7.165217391
	4	562889.939	9114004.952	-4.3	09,44		3.2	-3.3	-	4.186956522

	5	562884.216	9114010.159	-3.2	09,45	585	3.2	-2.2	-
	6	562888.7855	9114007.609	-1.9	09,46		3.2	-0.9	-
	7	562893.355	9114005.059	-2.2	09,47		3.2	-1.2	-
	8	562892.586	9114006.719	-3.5	09,49		3.2	-2.5	-
	9	562893.253	9114010.369	-2.2	09,52	590	3.2	-1.2	-
	10	562891.159	9114010.372	-3.5	09,53		3.2	-2.5	-
	11	562891.712	9114012.141	-3.1	09,54		3.2	-2.1	-
	12	562893.253	9114010.702	-2.3	09,55	595	3.4	-1.3	-
	13	562891.051	9114012.031	-2.5	09,58		3.4	-1.5	-
	14	562892.601	9114017.005	-2.2	10,00	600	3.4	-1.2	-
	15	562894.472	9114015.343	-2.7	10,01		3.4	-1.7	-
	16	562893.151	9114016.337	-1.8	10,02		3.4	-0.8	-
	17	562895.133	9114015.12	-2.4	10,04		3.4	-1.4	-
	18	562895.024	9114016.001	-1.3	10,05	605	3.5	-0.3	-
	19	562897.78	9114016.775	-0.9	10,06		3.5	0.1	-
	20	562895.468	9114018.326	4.9	10,08		3.5	5.9	-
	21	562898.114	9114019.314	4.9	10,19	615	3.7	5.9	-
	22	562897.016	9114022.41	4.1	10,26	625	3.7	5.1	-
	23	562899	9114022.519	-0.7	10,27		3.7	0.3	-
	24	562900.214	9114024.176	-0.7	10,29		3.7	0.3	-
	25	562903.085	9114027.934	-1.2	10,30	630	3.8	-0.2	-
	26	562904.186	9114026.941	-0.7	10,32		3.8	0.3	-
	27	562905.177	9114026.606	-0.3	10,33		3.8	0.7	-
	28	562903.306	9114028.49	-0.5	10,34		3.8	0.5	-
	29	562905.073	9114031.249	-1.2	10,35	635	3.7	-0.2	-
	30	562903.42	9114030.806	-1.6	10,38		3.7	-0.6	-
	31	562903.641	9114031.798	-2.1	10,40	640	3.7	-1.1	-

	32	562906.069	9114034.343	-2.6	10,41		3.7	-1.6	-
	33	562908.491	9114032.458	-2.5	10,42		3.7	-1.5	-
	34	562907.501	9114033.673	-1.8	10,43		3.7	-0.8	-
	35	562908.272	9114033.561	-2	10,45	645	3.7	-1	-
	36	562906.62	9114034.231	-2.2	10,47		3.7	-1.2	-
	37	562907.725	9114036.546	-2.7	10,49		3.7	-1.7	-
	38	562906.955	9114037.214	4.8	10,51	650	3.7	5.8	-
	39	562905.302	9114037.105	5.1	10,52		3.7	6.1	-
	40	562908.279	9114038.204	3.8	10,53		3.7	4.8	-
	41	562908.722	9114039.862	4.6	10,54		3.7	5.6	-
	42			0	10,55		3.7	1	-
	43	562912.581	9114041.404	4.9	10,56	655	3.6	5.9	-
	44	562910.929	9114042.074	3.5	10,57		3.6	4.5	-
	45	562909.385	9114041.631	3.6	10,58		3.6	4.6	-
	46	562907.953	9114041.633	5.3	10,59		3.6	6.3	-
LINE JALAN	1	562977.048	9114040.99	-4	14,41	14,40	5	2.3	-
	2	562968.7477	9114042.914	-4	14,42		5	2.3	-
	3	562960.4475	9114044.838	-6	14,43		5	0.3	-
	4	562936.6681	9114047.276	-6	14,44		5	0.3	-
	5	562943.8469	9114048.687	-8	14,44		5	-1.7	-
	6	562951.0257	9114050.097	-39	14,45	14,45	5.1	-32.7	-
	7	562958.2045	9114051.508	-6	14,45		5.1	0.3	-
	8	562965.3833	9114052.919	-2	14,46		5.1	4.3	-
	9	562963.9252	9114054.41	-1	14,46		5.1	5.3	-
	10	562962.4671	9114055.901	-2	14,46		5.1	4.3	-
	11	562961.009	9114057.392	-1	14,47		5.1	5.3	-
	12	562959.5509	9114058.883	2.9	14,48		5.1	9.2	-
	13	562958.0928	9114060.374	2.7	14,50	14,50	5	9	-

	14	562956.6347	9114061.865	3.1	14,52		5	9.4	12.95555556
	15	562955.1766	9114063.356	0	14,52		5	6.3	10.10952381
	16	562953.7185	9114064.848	-3.3	14,53		5	3	7.063492063
	17	562952.2604	9114066.339	-3.5	14,53		5	2.8	7.117460317
	18	562950.8023	9114067.83	-2.5	14,54		5	3.8	8.371428571
	19	562949.3442	9114069.321	-2.2	14,55		5.1	4.1	8.925396825
	20	562947.8861	9114070.812	-1.7	14,56		5.1	4.6	9.679365079
	21	562946.428	9114072.303	0.8	14,57	14,55	5.1	7.1	12.43333333
	22	562944.9699	9114073.794	-1.4	14,58		5.1	4.9	10.48730159
	23	562943.5118	9114075.285	-2.8	14,58		5.1	3.5	9.341269841
	24	562942.0538	9114076.776	-1.8	14,59		5.1	4.5	10.5952381
	25	562940.5957	9114078.267	-1.3	15,00		5.2	5	11.34920635
	26	562939.1376	9114079.758	2.3	15,01	15,00	5.2	8.6	15.2031746
	27	562937.6795	9114081.25	3.7	15,01		5.2	10	16.85714286
	28	562936.2214	9114082.741	3.3	15,04		5.2	9.6	16.71111111
	29	562934.7633	9114084.232	4.4	15,06	15,05	5.3	10.7	18.06507937
	30	562933.3052	9114085.723	1.8	15,06		5.3	8.1	15.71904762
	31	562931.8471	9114087.214	-0.9	15,07		5.3	5.4	13.27301587
	32	562930.389	9114088.705	-2.8	15,13		5.1	3.5	11.62698413
	33	562931.0733	9114087.968	-3.2	15,13	15,10	5.1	3.1	11.48095238
	34	562931.7576	9114087.231	-2.2	15,13		5.1	4.1	12.73492063
	35	562932.4418	9114086.494	-1.6	15,15		5.1	4.7	13.58888889
	36	562933.1261	9114085.757	-3.2	15,15		5.1	3.1	12.24285714
	37	562933.8104	9114085.02	-3.5	15,15		5.1	2.8	12.1968254
	38	562934.4947	9114084.282	-3.1	15,16		5.1	3.2	12.85079365
	39	562935.179	9114083.545	-3.8	15,17	15,15	5.1	2.5	12.4047619
	40	562935.8633	9114082.808	-4.2	15,17		5.1	2.1	12.25873016
	41	562936.7186	9114081.887	-3.5	15,18		5.1	2.8	13.21269841
	42	562937.4884	9114081.058	-2.5	15,18		5.1	3.8	14.46666667
	43	562938.2582	9114080.228	-0.8	15,19		5.1	5.5	16.42063492
	44	562939.0281	9114079.399	0.2	15,19		5.1	6.5	17.67460317

	45	562939.7979	9114078.57	2.2	15,20	15,20	5	8.5	19.92857143
	46	562940.5677	9114077.741	0.7	15,21		5	7	18.68253968
	47	562941.3375	9114076.912	2	15,22		5	8.3	20.23650794
	48	562942.0218	9114076.174	1.9	15,22		5	8.2	20.39047619
	49	562942.7061	9114075.437	0	15,23		5	6.3	18.74444444
	50	562943.3903	9114074.7	-1.3	15,24		5	5	17.6984127
	51	562944.0746	9114073.963	-0.9	15,25	15,25	5.1	5.4	18.35238095
	52	562944.7589	9114073.226	2	15,26		5.1	8.3	21.50634921
	53	562945.4432	9114072.489	2.1	15,26		5.1	8.4	21.86031746
	54	562946.1275	9114071.752	6.9	15,27		5.1	13.2	26.91428571
	55	562946.8118	9114071.015	9.2	15,27		5.1	15.5	29.46825397
	56	562947.496	9114070.278	4.8	15,29		5.1	11.1	25.32222222
	57	562948.1803	9114069.541	6.8	15,30	15,30	5.1	13.1	27.57619048
	58	562948.8646	9114068.803	0	-		5.1	6.3	21.03015873
	59	562949.5489	9114068.066	0	-		5.1	6.3	21.28412698
	60	562950.2332	9114067.329	0	-		5.1	6.3	21.53809524
	61	562950.9174	9114066.592	3.5	15,32		5.1	9.8	25.29206349
	62	562951.6017	9114065.855	4.4	15,33		5.1	10.7	26.44603175
	63	562952.286	9114065.118	5.9	15,34		5.1	12.2	28.2